

Anthropisation et dynamique de l'occupation du sol de la forêt classée de la Sangoué au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire

**Yao Joachim N'GUESSAN^{1*}, Kouaho Rodias KABLAN¹, Noufou Doudjo OUATTARA^{1,2},
Kouakou Guy-Casimir DOUFFI¹, Éric GNAHORÉ¹ et Moussa KONÉ¹**

¹ *Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature (UFR-SN),
Laboratoire de l'Unité de Recherche en Écologie et Biodiversité, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*

² *Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), Laboratoire de Botanique,
01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 02 Octobre 2022 ; Accepté le 23 Novembre 2022)

* Correspondance, courriel : yaojoachimn@yahoo.fr

Résumé

La forêt classée de la Sangoué est soumise à diverses pressions anthropiques. Le but de cette contribution est d'analyser la dynamique de l'occupation des sols de cette forêt classée sur la période de 1986 à 2017 grâce à l'imagerie satellitaire. À cet effet, trois images satellitaires (TM 1986, ETM+ 2001 et OLI 2017) ont servi de source de donnée. La classification supervisée par l'algorithme des réseaux de neurones sur les compositions colorées utilisant les canaux du moyen infra-rouge, du proche infra-rouge et du bleu, exécutée dans le logiciel ENVI 5 et la réalisation de la matrice de transition dans le logiciel QGIS 2.12 appuyée par le calcul d'indices de structure spatiale ont permis de montrer que l'occupation du sol a profondément changé en 31 ans. Les surfaces de forêt, de jachère et de végétation du bas-fond ont régressé de 1986 à 2017. Par contre, les surfaces de plantations forestières et de cultures connaissent une extension durant cette période. L'étude a ainsi montré la dissection et la suppression de la forêt, de la jachère et du bas-fond, par opposition à la création et l'agrégation des taches de plantation forestière et de culture. En raison du déguerpissement, les sols nus ont régressé. La dynamique d'occupation du sol observée résulte d'une anthropisation. Cette étude a mis en exergue les indicateurs d'état pouvant servir de base à l'aménagement de la forêt classée de Sangoué.

Mots-clés : *anthropisation, dynamique, occupation du sol, télédétection, forêt classée, Sangoué, Côte d'Ivoire.*

Abstract

Anthropisation and land use dynamics of the Sangoué protected forest in Central-West Côte d'Ivoire

Sangoué classified forest is subject to various anthropogenic pressures. The purpose of this contribution is to analyze the land use dynamics of this classified forest from 1986 to 2017 using satellite imagery. For this purpose, three satellite images (TM 1986, ETM+ 2001 and OLI 2017) served as a data source. The classification supervised by the neural network algorithm, on the colored compositions using the infrared medium, near infrared and blue channels, carried out in the ENVI 5 software and the realization of the transition matrix in

the QGIS 2.12 software supported by the calculation of spatial structure indices have shown that the land use has changed profoundly in 31 years. Forest, fallow, and shallow vegetation declined from 1986 to 2017. On the other hand, the area of forest and crop plantations has increased during this period. The study thus showed the dissection and suppression of forest, fallow and shallow, as opposed to the creation and aggregation of forest planting and cultivation stains. As a result of decay, the bare soils have regressed. The observed land use dynamics are the result of anthropization. This study highlighted the state indicators that could serve as a basis for the management of the protected forest of Sangoué.

Keywords : *anthropisation, land use, dynamics, remote sensing, Sangoué, classified forest, Ivory Coast.*

1. Introduction

La majorité des terres émergées est actuellement transformée par les activités humaines pour répondre aux besoins socio-économiques des populations [1]. Cela se traduit par la déforestation, l'extension des pâturages, l'intensification de l'agriculture et l'urbanisation [2]. En Afrique, la déforestation a atteint des niveaux sans précédent. La superficie forestière africaine a été réduite de 75 millions d'hectares sur la période de 1990 à 2010 [3]. En Côte d'Ivoire, les surfaces forestières jadis estimées à 16 millions d'hectares sont passées de 7,85 millions d'hectares en 1986 à 5,09 millions d'hectares en 2000, puis à 3,6 millions d'hectares en 2015 [4]. Cette situation résulte de la forte croissance démographique accentuée par une immigration incontrôlée [5]. En outre, l'exploitation abusive combinée au développement des cultures de spéculation constitue un facteur important dans la perte des forêts ivoiriennes [6]. Au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, les forêts classées ne le sont que de nom car presque toutes sont l'objet de pressions anthropiques régulières qui a abouti à une régression importante du couvert forestier [7 - 9]. Pour faire face aux menaces qui pèsent sur les forêts classées, le gouvernement ivoirien à travers la Société de Développement des Forêts (SODEFOR), a initié plusieurs projets d'aménagement des Forêts classées dans le Centre Ouest. Malheureusement, ces forêts classées sont toujours infiltrées par les populations à des fins de culture [10, 11]. Fort de ce constat, la mise en place de stratégies de gestion durable afin de protéger ces réserves de biodiversité devient cruciale. Pour y parvenir, il est important de connaître l'état de conservation et l'action des facteurs agissant sur ces ressources à chaque moment. Or la forêt classée de Sangoué (FCS), est parmi les forêts pour lesquelles il y a un manque d'information scientifique sur la dynamique de l'occupation du sol. C'est pour pallier à cette insuffisance que cette étude a été initiée avec pour but de connaître les mutations de l'occupation du sol de la FCS soumise aux activités anthropiques.

2. Méthodologie

2-1. Site d'étude

La forêt classée de la Sangoué (FCS) se trouve à cheval entre le Département d'Oumé (70 %), le Département de Divo (10 %) et le Département de Lakota (20%). Géographiquement, elle est située entre les longitudes ouest $5^{\circ}22'03''$ et $5^{\circ}37'03''$ et entre les latitudes nord $6^{\circ}07'26''$ et $6^{\circ}20'08''$ (**Figure 1**). Avec une superficie est de 35562,33 ha, la zone est entièrement soumise au climat tropical de type subéquatorial à 4 saisons, avec de fortes variabilités climatiques [12]. La moyenne pluviométrique est de 1395 mm selon les sources agroclimatiques de la station du Centre National de Recherche Agronomiques (CNRA) à Gagnoa [12]. La température moyenne annuelle varie entre 26 et 28°C. La FCS appartient au secteur Mésophile du domaine Guinéen [13] où la végétation est caractérisée par les forêts semi-décidues à *Celtis spp.* et *Triplochiton*

scleroxylon K. Schum. [13]. La végétation actuelle de la FCS est caractérisée par une anthropisation aiguë. Elle est constituée de quelques îlots forestiers appauvris, de grandes proportions de jachères à *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Rob. (Asteraceae) et des *Albizia spp.*, de cultures pérennes telles que le café, le cacao et de plantations artificielles d'essences forestières [14]. Ces plantations forestières sont réalisées par la SODEFOR avec les espèces comme *Terminalia superba* Engl. & Diels (Combretaceae), *Tectona grandis* L.f. (Lamiaceae), *Cedrela odorata* L (Meliaceae), *Gmelina arborea* Roxb (Lamiaceae), *Triplochiton scleroxylon* K.Schum, (Malvaceae) et *Terminalia ivorensis* A.Chev (Combretaceae). La population est constituée d'autochtones (Gagou ou Gban), d'allochtones ivoiriens (Baoulés, Malinkés et Sénoufos, etc.) et non ivoiriens (Burkinabé et Maliens). L'agriculture (occupant plus de 80 % de la population), l'exploitation forestière (très développée), la pêche, l'élevage et le pâturage (périodique) des troupeaux transhumants venant du Nord, sont les activités rencontrées dans la zone.

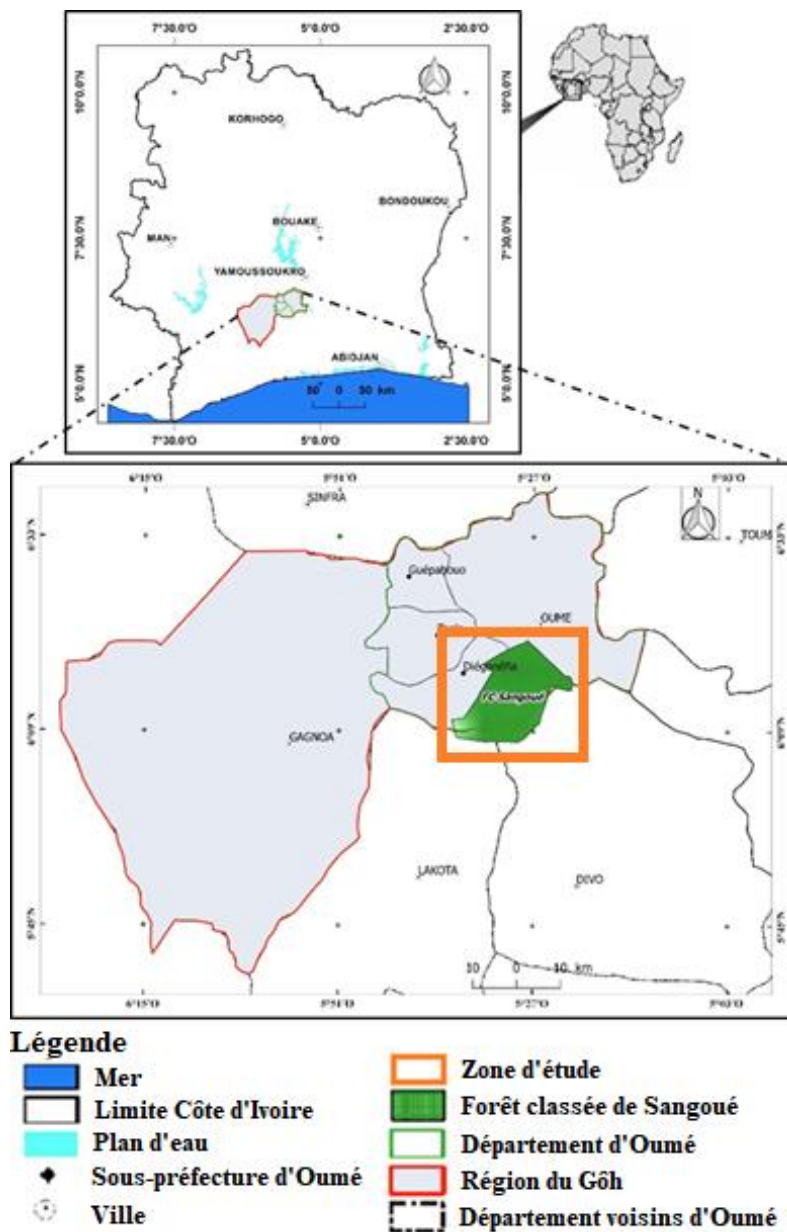


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2-2. Choix des données

La zone d'étude, couvrant l'entièreté de la forêt classée de la Sangoué (FCS), a été isolée sur trois images satellitaires de 30 m de résolution. Ces images, multi-bande, ont été téléchargées sur le site Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>) grâce aux coordonnées suivantes de la zone d'étude Path 197 et Row 056. Il s'agit des images Landsat de capteurs respectifs *Thematic Mapper* (TM) du 16/01/1986, *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) du 18/02/2001 et *Operational Landsat Imager Plus* (OLI+) du 23/01/ 2017. Toutes ces images ont été acquises entre janvier et février, période qui correspond à la saison sèche et au cours de laquelle la nébulosité est faible [16]. Un GPS (*global positioning system*) a été utilisé pour enregistrer les coordonnées géographiques des parcelles de contrôle sur le terrain. Plusieurs logiciels ont été utilisés. Il s'agit de ENVI 5.1 (*Environment for Visualizing Images*) pour le traitement numérique des images satellitaires et QGIS (*Quantum Geographical Information systems*) pour la réalisation des cartes et l'analyse des modèles spatiaux.

2-3. Cartographie de l'occupation du sol de la forêt classée de la Sangoué

Les opérations de prétraitement d'image ont consisté à la conversion des comptes numériques calibrés de chaque pixel en radiance et en luminance en utilisant le model FLAASH, *Fast Lines Atmospheric Analysis of spectral Hypercubes* [16, 17]. Ces opérations ont permis de corriger les erreurs dues aux effets de l'atmosphère sur les images satellites [18]. Par la suite, une extraction de la zone d'étude de la scène entière a été réalisée sur la base du contour de la Forêt classée de la Sangoué à l'aide du logiciel ENVI 5.1. Une composition en fausse couleur a été effectuée pour chacune des dates retenues en affectant les canaux du moyen infrarouge, du proche infrarouge et du bleu respectivement aux couleurs rouge, vert et bleu. Ensuite, une amélioration des contrastes a été réalisée pour accroître la netteté des images à l'effet de faciliter la détection des changements [19]. Son principe est de redistribuer plus uniformément les valeurs des pixels présentes dans l'image. L'analyse combinée des bandes multispectrales et des compositions colorées a permis d'identifier et cartographier sept classes d'occupation de sol pour chacune des images composites par une approche de classification supervisée. Cette approche consiste à définir des zones d'entraînement sous forme de polygones de pixels sur lesquels s'appuie l'algorithme des réseaux de neurones [17]. Cet algorithme effectue une classification non paramétrique (ne nécessite pas l'établissement d'un modèle statistique des classes), le rendant ainsi performant [20]. Ainsi, les classes pertinentes de l'occupation du sol retenues sont les forêts denses, les forêts dégradées, les plantations forestières, les cultures (pérennes et vivrières), les jachères (anciennes et récentes), les bas-fonds et les sols nus (surfaces dénudées et affleurements rocheux). Les plantations forestières sont généralement des plantations de *Tectona grandis*. La perte des feuilles de cette espèce pendant la saison sèche, lui a donné une signature spectrale qui est similaire à celle des jachères. Nous avons regroupé ce type de plantation forestière et les jachères en une seule classe « jachère ». L'évaluation de la précision des cartes a été réalisé dans le logiciel ENVI 5.1 par la comparaison de l'image classifiée avec les données de terrain. Pour chaque occupation du sol, au moins 70 points ont été utilisés pour cette évaluation. Cette comparaison est basée sur la matrice de confusion (ou tableau de contingence) qui indique les commodités et les inconvénients entre les ensembles de donnée [21]. De la matrice de confusion sont déduits la précision globale et le coefficient de Kappa [22]. Les valeurs de Kappa inférieures à 50 %, comprises entre 50 - 75 % et supérieures à 75 %, indiquent respectivement une classification médiocre, acceptable et excellente [23]. L'application d'un filtre 3 x 3 pixels à toutes les images classifiées a permis d'éliminer les pixels isolés et homogénéiser la classification thématique. Le filtre a été réalisé à partir de l'outil Spatial Analysis Tools (frost filter). Ensuite, la vectorisation des images classifiées a été réalisée. Enfin, le fichier est exporté en shapefile pour être utilisable dans le logiciel QGIS 2.12. Le fichier ainsi obtenu a été édité pour générer les cartes d'occupations du sol en 1986, 2001 et 2017.

2-4. Mise en évidence de la dynamique de la structure spatiale

Trois indices de structure spatiale ont été calculés afin de détecter les changements entre 1986 et 2017. Il s'agit du nombre de taches (n), de l'aire totale des taches (a) et de l'indice de dominance (D) défini comme le rapport entre l'aire de la plus grande tache de la classe d'occupation du sol et l'aire totale de la même classe. Ces indices renseignent sur le niveau de fragmentation de l'occupation du sol entre deux dates [23]. Deux matrices de transition ont été sur les périodes de 1986 à 2001 et 2001 à 2017, afin de comprendre l'évolution de la composition de l'occupation du sol pendant ces différentes années. La matrice de transition, obtenue par superposition des cartes d'occupation du sol, renseigne, d'une part la conversion entre occupations du sol (proportions en ligne et en colonne) et la stabilité des classes d'occupation du sol (diagonale) d'autre part [23, 24]. Les processus de transformation spatiale qui sous-tendent la dynamique structurelle de l'occupation du sol [25, 26] ont été identifiés grâce à un arbre de décision (**Figure 2**) basé sur trois paramètres, à savoir le nombre de taches, l'aire et le périmètre des classes [25, 27]. Les définitions de ces processus de transformation spatiale peuvent être retrouvées dans [26, 28, 29]. La proportion de diminution d'aire ($t_{obs} = a_1/a_0$) a été utilisée au seuil critique de probabilité ($t = 0,5$) pour distinguer le processus de fragmentation de la dissection avec des valeurs supérieures à 0,5 indiquant que le paysage a subi le processus de dissection tandis que celles inférieures ou égales à 0,5 indiquent la prévalence du processus de fragmentation [27].

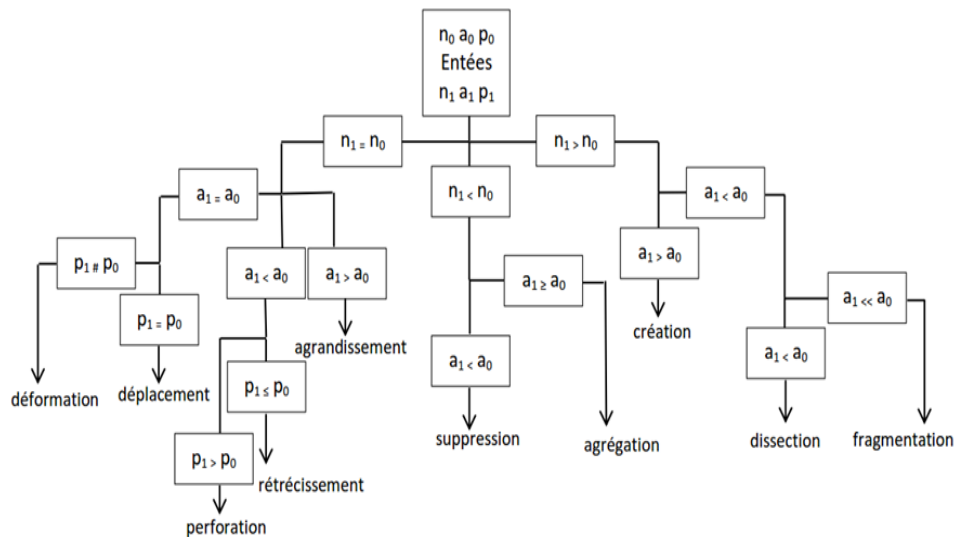


Figure 2 : Arbre de décision pour l'identification des processus de transformation spatiale

a_0 , p_0 et n_0 respectivement à l'aire, au périmètre et au nombre de taches avant la transformation et a_1 , p_1 et n_1 après le changement [25]

3. Résultats

3-1. État de l'occupation de la forêt classée de la Sangoué

Les résultats issus de l'analyse de la performance des classifications supervisées réalisées révèlent pour chacune des images les valeurs de précision globale de 91,66 %, 91,73 % et 91,39 % et celles du coefficient Kappa de 0,89, 0,90 et 0,89 respectivement pour les années 1986, 2001 et 2017. Ces valeurs suggèrent que les classifications réalisées sont fiables et excellentes. L'analyse visuelle des cartes obtenues montre que les plantations forestières et les cultures sont caractérisées par une dynamique progressive au détriment des forêts denses, des forêts dégradées, des bas-fonds et des jachères (**Figure 3**).

3-2. Dynamique de composition de l'occupation du sol de 1986 à 2017

Les résultats concernant la dynamique de composition de l'occupation du sol pendant la période d'étude (1986 à 2017) sont consignés dans le tableau 1. Ce tableau détaille la mutation par matrice de transition de 1986 à 2001 et de 2001 à 2017. Dans l'ensemble, l'occupation du sol a été dominée par une transition matérialisée par la conversion de la jachère, matrice de l'occupation du sol en 1986, en plantation forestière et culture qui ont constitué la nouvelle matrice de l'occupation du sol en 2017. Durant la période de 1986 à 2001, les jachères sont fortement converties à 12,9 % et 9,82 % respectivement en plantation forestière et en culture. Au même moment, les forêts (forêt dense et forêt dégradée) sont converties à 4,98 % et 3,27 % respectivement en plantation forestière et en culture. Sur cette même période de 1986 à 2001, la jachère a constitué l'occupation du sol la plus stable avec un maintien de plus de la moitié des proportions présentes en 1986. En effet, sur les 44,08 % de la surface qu'occupait cette classe en 1986, on note que 27,57 % sont restés stables (*Tableau 1*). De 2001 à 2017, la plantation forestière a constitué l'occupation du sol la plus stable avec un taux de 19,80 %. La seconde période de l'étude, contrairement à la première, a été marquée par une plus petite conversion des forêts et des jachères vers les plantations forestières et les cultures.

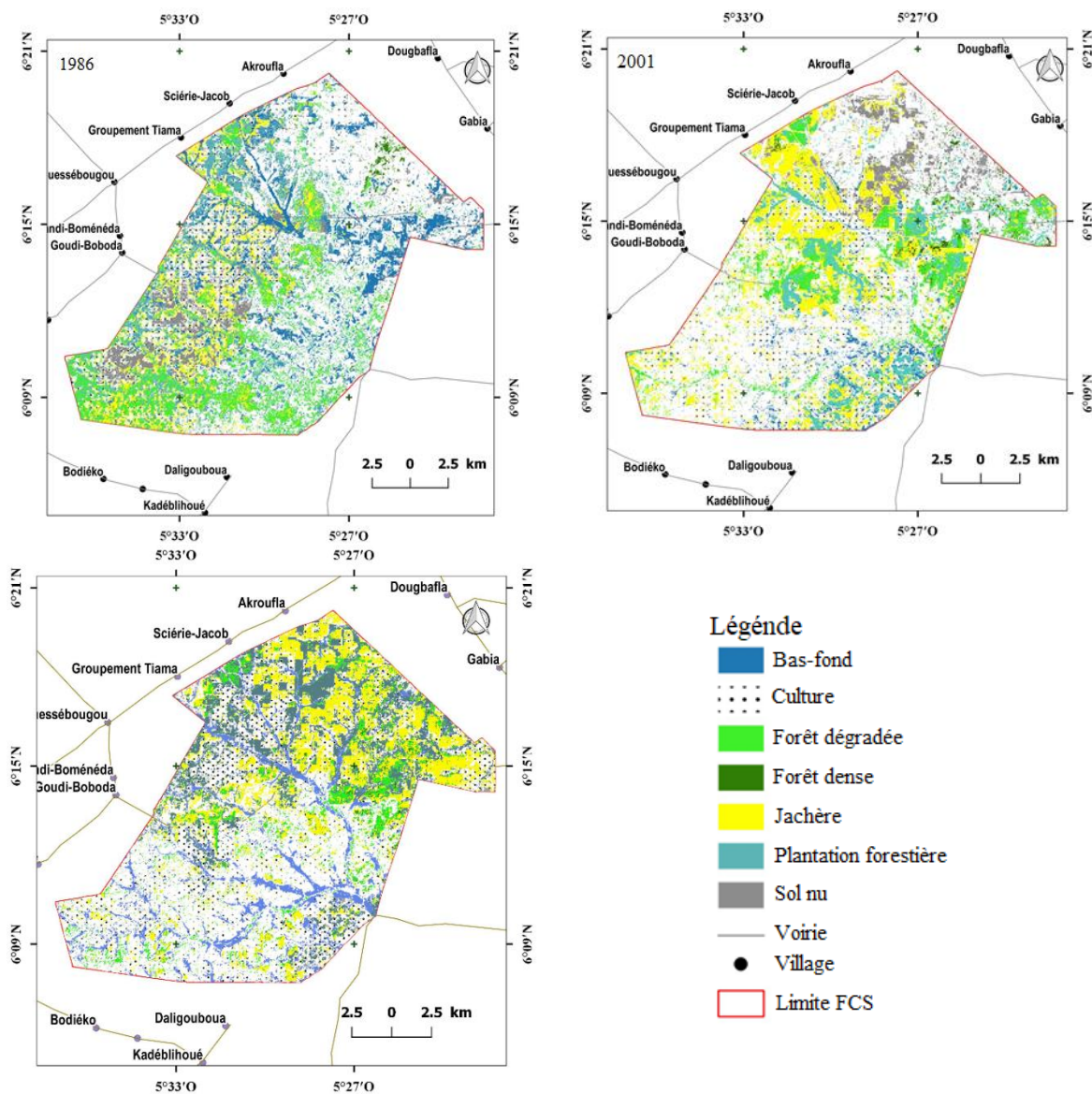


Figure 3 : Occupation du sol de la forêt classée de la Sangoué des années 1986, 2001 et 2017

Tableau 1 : *Matrice de transition des classes d'occupation du sol et indices de stabilité de l'occupation du sol de la forêt classée de la Sangoué pendant les périodes de 1986 à 2001 et de 2001 à 2017*

Période de 1986 à 2001	FD	Fd	PF	CP	BF	JA	SN	Totaux
FD	0,10	0,06	0,24	0,16	0,02	0,43	0,09	1,10
Fd	0,10	1,65	4,74	3,11	0,43	2,25	0,22	12,49
PF	0,07	0,71	4,62	2,18	0,38	2,71	0,33	11,01
CP	0,08	0,95	5,69	3,00	0,17	3,95	0,62	14,47
BF	0,11	0,94	4,40	2,87	0,54	3,13	0,29	12,28
JA	0,92	2,78	12,19	9,82	1,46	13,85	3,05	44,08
SN	0,01	0,11	1,60	1,27	0,02	1,25	0,32	4,58
Totaux	1,40	7,19	33,48	22,42	3,01	27,57	4,93	100
Indice de stabilité : 0,31								
Période de 2001 à 2017	FD	Fd	PF	CP	BF	JA	SN	Totaux
FD	0,16	0,34	0,26	0,26	0,01	0,35	0,02	1,40
Fd	0,18	1,41	2,46	1,46	0,47	1,19	0,02	7,19
PF	0,07	1,62	19,80	7,03	2,93	1,97	0,06	33,48
CP	0,07	0,39	6,66	9,08	2,96	2,92	0,34	22,42
BF	0,00	0,01	1,17	0,75	1,03	0,03	0,02	3,01
JA	0,39	2,38	7,87	8,82	0,90	7,06	0,15	27,57
SN	0,02	0,11	0,47	1,86	0,08	2,30	0,10	4,93
Totaux	0,89	6,26	38,68	29,25	8,38	15,83	0,71	100
Indice de stabilité : 0,62								

FD : Forêt dense ; Fd : Forêt dégradée ; PF : Plantation forestière ; JA : Jachère ; CP : Culture ; BF : Bas-fond et SN : Sol nu.

3-3. Dynamique structurale de l'occupation du sol de 1986 à 2017

Entre 1986 et 2001, il a été enregistré une suppression des taches de forêt dense, de forêt dégradée, de bas-fond et de jachère suite à la régression du nombre de taches et de leur aire totale (**Tableaux 2 et 3**). Le processus de transformation caractéristique de la plantation forestière et de la culture a été l'agrégation, car l'augmentation de l'aire totale résulte de la diminution du nombre de taches. La création a été le processus caractéristique du sol nu. Ce processus est déterminé par une augmentation simultanée de l'aire totale et du nombre des taches. Durant la période de 2001 à 2017, la suppression de la forêt dense et du sol nu a été constaté. En effet, il a été noté simultanément une diminution de l'aire totale et du nombre de taches. Pendant ce temps, la forêt dégradée et la jachère ont connu une diminution de l'aire totale en parallèle à une augmentation du nombre de tache suggérant la dissection comme processus de transformation spatiale, avec une valeur de t_{obs} supérieure à 0,5. Par contre, l'agrégation a été le processus de transformation spatiale du bas-fond traduit par une réduction de leur nombre et une augmentation de leur aire. Tout comme la première période de l'étude, la seconde période de l'étude a été favorable à la plantation forestière et à la culture qui ont connu un processus de création de nouvelles taches traduit par une augmentation du nombre et de l'aire totale des taches. Entre 1986 et 2017, les valeurs de la dominance des formations forestières ont baissé ; ce qui démontre leur disparition progressive, conséquence d'une influence anthropique et aussi d'une suppression de certaines taches fragmentées.

Tableau 2 : Indices de structure spatiale calculés en 1986, 2001 et 2017 pour chaque thème de la forêt classée de la Sangoué

	FD	Fd	PF	CP	BF	JA	SN
1986							
np	1303	4018	6496	7256	5369	5121	1277
a	389,43	4443,12	3915,45	5145,84	4366,08	15674,76	1627,65
D	8,13	11,93	5,16	13,13	6,53	0,52	19,42
2001							
np	1299	2544	2155	4311	2424	3551	1645
a	496,71	2557,35	11905,02	7972,11	1072,08	9804,06	1755
D	5,89	6,94	1,92	10,00	2,14	8,05	21,88
2017							
np	1204	4716	2400	5296	2245	4471	522
a	315,27	2227,41	13757,22	10401,93	2980,17	5629,14	251,19
D	2,26	4,88	0,09	13,09	18,50	11,32	4,97

FD : Forêt dense, Fd : Forêt dégradée, PF : Plantation forestière, JA : Jachère, CP : Culture, BF : Bas-fond et SN : Sol nu, np : nombre de taches de la classe, a : aire totale de la classe, D : Dominance de la plus grande tache

Tableau 3 : Processus de transformation spatiale des unités thématiques de la forêt classée de la Sangoué pendant les périodes de 1986 à 2001 et de 2001 à 2017

Thèmes		Période de (1986 à 2001)	Période de (2001 à 2017)
Forêt dense	np	np1986 > np2001	np2001 > np2017
	a	a1986 > a2001	a2001 > a2017
	Transformation	suppression	suppression
Forêt dégradée	np	np1986 > np2001	np2001 < np2017
	a	a1986 > a2001	a2001 > a2017
	Transformation	suppression	dissection
	t _{obs}	-	0,87
Plantation forestière	np	np1986 > np2001	np2001 < np2017
	a	a1986 < a2001	a2001 < a2017
	Transformation	agrégation	création
Culture	np	np1986 > np2001	np2001 < np2017
	a	a1986 < a2001	a2001 < a2017
	Transformation	agrégation	création
Bas-fond	np	np1986 > np2001	np2001 > np2017
	a	a1986 > a2001	a2001 < a2017
	Transformation	suppression	agrégation
Jachère	np	np1986 > np2001	np2001 < np2017
	a	a1986 > a2001	a2001 > a2017
	Transformation	suppression	dissection
	t _{obs}	-	0,57
Sol nu	np	np1986 < np2001	np2001 > np2017
	a	a1986 < a2001	a2001 > a2017
	Transformation	création	suppression

np : nombre de taches de la classe, a : aire totale de la classe, P : périmètre total de la classe, t_{obs} : observé (aire t + 1 / aire t).

4. Discussion

4-1. Efficacité de la méthodologie adoptée

Les classifications supervisées des images avec sept classes par l'algorithme du réseau de neurone couplée aux observations recueillies sur le terrain sont excellentes. Les valeurs de Kappa sont comprises dans la gamme des classifications excellentes et cela confirme l'importance de la connaissance de la réalité des observations du terrain pour l'amélioration de la qualité des traitements d'images [29]. Aucune méthode de cartographie de l'occupation du sol par des images satellitaires ne se suffit si elle n'est appuyée sur la connaissance de la réalité des observations sur le terrain, qui contribue par ailleurs à atténuer le degré de confusion entre pixels proches thématiquement [30]. Par ailleurs, à l'échelle de l'occupation du sol, l'anthropisation est souvent marquée par des changements dans la structure spatiale dont la quantification nécessite le calcul des indices de structure spatiale. Les indices retenus dans cette étude, le nombre, l'indice de dominance et l'aire des taches sont souvent un indicateur de l'impact de l'activité humaine sur l'évolution de l'occupation du sol [27, 31]. Dans le cadre de cette étude, peu d'indices ont été utilisés, car la plupart était fortement corrélés [23].

4-2. Reboisement, mise en culture et anthropisation de l'occupation du sol

L'analyse de la matrice de transition a révélé que la composition de l'occupation du sol de la Forêt classée de la Sangoué (FCS) a été complètement transformée avec pour conséquence le changement de la matrice de l'occupation du sol. Cette modification de l'occupation du sol de la FCS a été engendré par l'effet de la mise en culture croissante combinée aux effets du reboisement. Mais aussi par l'exploitation anarchique des produits forestiers ligneux (bois de feu et de service) et non ligneux (écorchage, cueillettes de fruits et feuilles) et du pâturage pratiqué par les troupeaux transhumants venant du Nord. En effet plusieurs auteurs ont signalé la modification de la composition de l'occupation du sol sous l'effet d'une anthropisation progressive manifestée par des pratiques agro-sylvo-pastorales non durables [28, 29, 32]. Les résultats de nos travaux corroborent ceux de ces auteurs. Les facteurs à l'origine de cette transformation sont liés à l'arrivée massive des migrants agricoles venant de diverses localités du pays et de pays voisins (Burkina Faso et Mali). Les raisons de ces déplacements vers la FCS sont surtout liées à la saturation des terres agricoles de leurs localités respectives. Ainsi, la satisfaction des besoins en terre de cultures, de sylviculture, de pâturage et des produits forestiers ligneux et non ligneux par les populations autochtones et allochtones ivoiriens et non ivoiriens ont considérablement modifié la composition et la structure spatiale de la forêt classée. L'effet de la pression anthropique sur la dynamique de l'occupation du sol de la FCS s'est traduit en 31 ans par une extension considérable des plantations forestières et des cultures dans la FCS au détriment de la forêt, de la jachère et du bas-fond qui connaissent aujourd'hui une régression importante de leurs surfaces respectives. La dégradation de l'occupation du sol a couvert forestier est un sujet qui a été abordé par plusieurs auteurs qui ont utilisé des images de télédétection pour le suivi de la dynamique des formations végétales forestières et agroforestières dans plusieurs régions de la Côte d'Ivoire [18, 28, 33]. Tous ces auteurs sont unanimes sur le fait que la déforestation et la dégradation des formations végétales forestières s'expliquent par l'expansion de l'agriculture sous-tendue par une forte croissance démographique. Le constat le plus remarquable dans l'évolution de l'occupation du sol est l'évolution grandissante de la plantation forestière et de la culture qui s'accompagne d'une fragmentation et d'une homogénéisation de l'occupation du sol par l'agrandissement des taches de plantation forestière et de culture. L'anthropisation dans un milieu naturel est généralement caractérisée par la fragmentation, un changement dans la géométrie des taches et une évolution des classes anthropiques au détriment des classes naturelles d'occupation du sol [34]. Ces résultats obtenus reflètent la réalité de la tendance de la dynamique de l'occupation du sol des forêts classées en Côte

d'Ivoire, qui en plus de leur vocation de conservation de la biodiversité représentent un réservoir de production de bois d'œuvre. L'exploitation forestière y est règlementée et des reboisements compensatoires sont faits pour assurer la production permanente de bois d'œuvre [35]. L'augmentation des plantations forestières relèverait aussi de la mise en valeur de la quasi-totalité des bas-fonds qui continuaient d'abriter encore des forêts dégradées en 1986, conformément à la deuxième phase du programme de reboisement et de la récupération des portions de jachères ou de vieux vergers par la SODEFOR. Pendant la période de 2001 à 2017, une régression des sols nus a été constaté. Cette régression des sols nus dans la FCS à cette époque pourrait s'expliquer par les opérations de déguerpissement effectuées en 2016.

5. Conclusion

La présente étude a permis de mettre en lumière la dynamique des types d'occupation du sol de la Forêt classée de la Sangoué (FCS) entre 1986 et 2017 au moyen de la télédétection spatiale et le système d'information géographique (SIG). En 31 ans (entre 1986 et 2017), La FCS a subi une profonde modification de son occupation du sol due en partie aux pressions anthropiques. L'étude a révélé aussi une extension considérable des plantations forestières et des cultures dans la FCS au détriment de la forêt, de la jachère et du bas-fond. Les valeurs de la dominance des forêts, des jachères et des bas-fonds ont baissé de façon remarquable ; ce qui démontre leur disparition progressive, conséquence d'une influence anthropique. Sur la même période, les valeurs du nombre et d'aire totale des taches de forêt dense, de forêt dégradée, de bas-fond et de jachère chutent, confirmant ainsi l'existence de la suppression comme processus de transformation spatiale dominant. En raison du déguerpissement, les sols nus ont été colonisé par la végétation. Nos résultats mettent en évidence la nécessité d'étudier la biodiversité des différentes classes d'occupation des sols afin d'apprécier les menaces anthropiques dans une perspective d'aménagement et de gestion durable des ressources végétales de la FCS.

Remerciements

Nous tenons à remercier la "United State Geological Survey" (USGS), pour la mise à disposition des images satellitaires utilisées dans cette étude et la SODEFOR pour l'autorisation d'accès aux forêts.

Références

- [1] - A. MAMA, B. SINSIN, C. DE CANNIÈRE et J. BOGAERT, Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *Tropicultura*, 31 (1) (2013) 78 - 88
- [2] - P. GILLET, C. VERMEULEN, L. FEINTRENIE, H. DESSARD et C. GARCIA, Quelle sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo ? Synthèse bibliographique et études de cas. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20 (2) (2016) 183 - 194
- [3] - FOREST RESSOURCE ASSEMENT, Rapport national Bénin, (2010) 54 p.
- [4] - SEP-REDD+ et FAO, Cartographie de la dynamique forestière de 1986 à 2015. Données de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire, Abidjan, (2017) 32 p.
- [5] - C. Y. ADOU YAO et E. K. N'GUESSAN, Diversité botanique dans le Sud du parc national de Taï, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 1 (2) (2005) 295 - 313

- [6] - M. KONÉ, K. KOUADIO, Y. L. KOUADIO, D. F. R. NEUBA, D. F. MALAN et L. COULIBALY, Évolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21^e siècle. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7 (2014) 782 - 794
- [7] - Y. J. N'GUESSAN, « Flore, structure de la végétation et dynamique de l'occupation du sol à l'aide de l'imagerie satellitaire des forêts classées de la Téné, de la Sangoué et de Laouda, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire ». Thèse de Doctorat. Université NANGUI ABROGOUA (Abidjan), (2021) 240 p.
- [8] - K. A. KOUAKOU, Y. S. S. BARIMA, A. T. M. KOUAKOU, Y. C. SANGNE, I. BAMBA et N. F. KOUAME, diversité végétale post-conflits armés de la forêt classée du haut Sansandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26 (2) (2015) 4058 - 4071
- [9] - K. TRAORÉ, 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 (02) (2018) 4387 - 4397
- [10] - Y. J. N'GUESSAN, M. KONÉ, K. G-C. DOUFFI et E. GNAHORÉ, Impact des Intrusions paysannes sur la Physionomie et la dynamique de la végétation de la forêt classée de Laouda au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 24 (15) (2019) 360 - 383
- [11] - B. Z. B. GONE, D. KOUAME, I. KONE et Y. C. ADOU, 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 (2013) 5753 - 5762
- [12] - K. E. KASSIN, K. DOFFANGUI, B. KOUAMÉ, R. G. YORO et A. ASSA, Variabilité pluviométrique et perspectives pour la replantation cacaoyère dans le Centre Ouest de la Cote d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 12 (2008) 633 - 641
- [13] - J. L. GUILLAUMET et E. ADJANOHOON, La végétation de la Cote d'Ivoire. *In* : « Le milieu naturel de Côte d'Ivoire ». Avenard J-M, Eldin M, Girard G, Sircoulon J, Touchebeuf P, Guillaumet J-L, Adjanooun E et Perraud (Eds), Mémoires ORSTOM, Paris, France, 50 (1971) 161 - 263
- [14] - OIBT « Étude de la composition floristique et de la combustibilité des jachères, friches et savanes autour des forêts classées de la Téné et de la Soungourou », (2004) 87 p.
- [15] - J. OSZWALD, A. LEFEBVRE, X. A. D. SARTRE, M. THALÈS et V. GOND, Analyse des directions de changement des états de surface végétaux pour renseigner la dynamique du front pionnier de Maçaranduba (Para, Brésil) entre 1997 et 2006. *Revue Télédétection*, 9 (2) (2010) 97 - 111
- [16] - Y. GUO et F. ZENG, Atmospheric correction comparison of SPOT-5 image based on model FLAASH and model QUAC. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B7, XXII ISPRS (2012) Congress, 25 August - 01 September 2012, Melbourne, Australia, (2012)
- [17] - Y. J. N'GUESSAN, « Flore, structure de la végétation et dynamique de l'occupation du sol à l'aide de l'imagerie satellitaire des forêts classées de la Téné, de la Sangoué et de Laouda, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire ». Thèse de Doctorat. Université NANGUI ABROGOUA (Abidjan), (2021) 240 p.
- [18] - J. OSZWALD, « Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux télédétection et développement d'une approche cartographique ». Thèse de Doctorat : Université des de Lille, France, (2005) 304 p.
- [19] - W. G. TABOPDA, J.-M. FOTSING, Quantification de l'évolution du couvert végétal dans la réserve forestière de Laf-Madjam au nord du Cameroun par télédétection satellitale. *Sécheresse*, 21 (3) (2010) 169 - 178

- [20] - G. HOSNI, « Utilisation des réseaux de neurones pour la cartographie des zones humides à partir d'une série temporelle d'images RADARSAT 1 ». Thèse de Doctorat : Université du Québec, (2002) 230 p.
- [21] - M. KONÉ, K. G-C. DOUFFI, S. S. SILUÉ, F. A. SORO, Y. J. N'GUESSAN, I. KOFFI, L. Coulibaly, Cartographie de l'occupation du sol et dynamique des anacardiés de la sous-préfecture de Napié, au nord de la Côte d'Ivoire. *Quest Journals - Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, 2 (6) (2020) 35 - 46
- [22] - R. G. CONGALTON, A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data, *Remote Sensing of Environment*, 37 (1991) 35 - 46
- [23] - J. BOGAERT, I. VRANKEN et M. ANDRE, Anthropogenic effects in landscapes: historical context and spatial pattern. *In: «Biocultural Landscapes Diversity, Functions and Values»*. Edition Springer Science + Business Media Dordrescht, (2014) 89 - 112
- [24] - F. ZANINI, E. ZANINI, C. WEBER et R. SCHLAEPFER, Analyse de la dynamique du paysage de la plaine du Rhône de 1850 à 2003 sur la base de cartes topographiques. *Bulletin Murithienne*, 124 (2006) 89 - 98
- [25] - J. BOGAERT, R. CEULEMANS et D. SALVADOR-VAN EYSENRODE, Decision Tree Algorithm for Detection of Spatial Processes in Landscape Transformation. *Environmental Management*, 33 (2004) 62 - 73
- [26] - I. BAMBA, « Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo ». Thèse de Doctorat : Université libre de Bruxelles (Université d'Europe), (2010) 250 p.
- [27] - Y. S. S. Barima, N. Barbier, I. Bamba, D. Traoré, J. Lejoly et J. Bogaert, Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois et Forêts des Tropiques*, 299 (2009) 15 - 25
- [28] - Y. J. N'GUESSAN, M. KONÉ, K. G-C. DOUFFI et E. GNAHORÉ, Impact des Intrusions paysannes sur la Physionomie et la dynamique de la végétation de la forêt classée de Laouda au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 24 (15) (2019) 360 - 383
- [29] - A. MAMA, I. BAMBA, B. SINSIN, J. BOGAERT et C. DE CANNIÈRE, Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages des savanes-forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 322 (2014) 65 - 75
- [30] - G. M. FOODY, Assessing the accuracy of land cover change with imperfect ground reference data. *Remote Sensing of Environment*, 114 (10) (2010) 2271 - 2285
- [31] - M. I. TOKO, I. I. TOKO, B. SINSIN et F. TOURÉ, 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) (2012) URL : <http://vertigo.revues.org/13059> ; DOI :10.4000/vertigo.13059
- [32] - I. K. ABDOU, T. ABASSE, M. MASSAODOU, H. RABIOU, I. SOUMANA et J. BOGAERT, Influence des Pressions Anthropiques sur la Dynamique Paysagère de la Réserve Partielle de Faune de Dosso (Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (2) (2019) 1094 - 1108
- [33] - M. KONÉ, A. AMAN, C. Y. ADOU YAO, L. COULIBALY et K. E. N'GUESSAN, Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. *Télédétection*, 7 (2007) 432 - 452
- [34] - J. BOGAERT et A. MAHAMANE, Écologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 7 (1) (2005) 1 - 15
- [35] - Y. C. AMANI, Logiques des infiltrations paysannes dans les forêts classées en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 66 (1) (2011) 143 - 152