



Cartographie de l'occupation du sol et dynamique des anacardiens de la sous-préfecture de Napié, au nord de la Côte d'Ivoire

KONÉ Moussa¹, DOUFFI Kouakou Guy-Casimir¹, SILUÉ Siluénikan Seydou¹, SORO Fougôtèh Abdramane¹, N'GUESSAN Yao Joachim¹, KOFFI Innocent², Coulibaly Lacina³

¹(Laboratoire d'Écologie Végétale, Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire)

²(Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection (CURAT), Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire)

³(Faculté de foresterie Université de Moncton, Campus d'Edmundston 165, Boulevard Hébert Edmundston, Nouveau-Brunswick, E3V 2S8, Canada)

Corresponding Author: DOUFFI Kouakou Guy-Casimir

RÉSUMÉ : Cette étude porte sur la cartographie et la dynamique des anacardiens dans la sous-préfecture de Napié, au Nord de la Côte d'Ivoire. Elle vise à caractériser la dynamique des superficies des anacardiens grâce à l'imagerie satellitaire. À cet effet, deux (2) images satellitaires (TM 2006 et OLI+ 2019) ont été utilisées. La classification supervisée par l'algorithme des réseaux de neurones sur les premières composantes de l'Analyse en Composantes Principales (ACP), exécutée dans le logiciel ENVI 5.1 a permis d'élaborer les cartes de l'occupation du sol et d'analyser la dynamique des anacardiens. Les précisions globales et les indices de Kappa obtenus sont tous supérieurs à 85% sont jugés excellents. La superficie des plantations d'anacardier a connu une dynamique évolutive croissante. La superficie des anacardiens a connu une augmentation avec un taux d'évolution (Te) positif de 23,1% et un taux d'évolution annuel (TEA) de 0,43% sur la période 2006 à 2019. La transformation observée a été faite au détriment du couvert végétal naturel, notamment les forêts sèches et les forêts galeries. Aujourd'hui, l'on assiste à la création de nouvelles plantations d'anacardier en majorité de petite taille dans la sous-préfecture de Napié.

Mots Cles : Anacardiens, Dynamique de l'occupation du sol, Télédétection, Napié, Côte d'Ivoire.

Received 16 October, 2020; Accepted 31 October, 2020 © The author(s) 2020.

Published with open access at www.questjournals.org

I. INTRODUCTION

1.1. PROBLÉMATIQUE

La majorité de la forêt d'Afrique de l'Ouest a disparu au début du 20^{ème} siècle [1], alors qu'elle a été désignée comme l'un des points chauds de la biodiversité au monde [2]. Outre la raison de la forte croissance démographique et les modifications climatiques [3,4], les forêts restantes se dégradent à cause des coupes illégales et des plantations agricoles [1]. Connues pour leur richesse floristique, les forêts ivoiriennes ne sont pas en reste de cette situation. Estimée à 16 millions d'hectares à la fin du 19^{ème} siècle, la surface des forêts denses humides est passée à un peu plus de 1 million d'hectares dans les années 2000 [5]. Cette régression des surfaces de la forêt dense montre l'ampleur de la déforestation et engendre de nombreuses conséquences du point de vue climatique et écologique mettant ainsi en péril l'avenir du couvert forestier ivoirien.

Conscient de la disparition effrénée de son couvert forestier, l'État ivoirien a renforcé son cadre législatif et institutionnel avec la création de la Société de Développement des Forêts (SODEFOR) et de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR). Aussi, à travers un vaste programme de reforestation et de protection des sols, il a procédé à un reboisement des régions septentrionales du pays [6]. C'est dans le cadre de ce programme de reboisement que l'anacarde (*Anacardium occidentale* L.) et le teck (*Tectona grandis* L.f.) ont été introduits au Nord de la Côte d'Ivoire en 1980 [7], l'intérêt économique de l'anacarde n'étant pas encore bien perçu par les populations. C'est en 1990 qu'il a pris de l'importance grâce à la découverte de nombreuses vertus et son intérêt

*Corresponding Author: Douffi Kouakou Guy-Casimir

économique. Cela a entraîné un engouement des producteurs qui s'est traduit par une extension des surfaces cultivées et une augmentation de la production [8], modifiant ainsi des paysages de savane au Nord de la Côte d'Ivoire. L'intérêt accordé à la culture de l'anacarde a propulsé la Côte d'Ivoire de la 3ème place en 2007 à la 1ère place mondiale de producteur et exportateur de noix de cajou brute depuis 2015 avec une production de 702.000 tonnes, soit 21% de la production mondiale [9].

L'ampleur de l'extension des superficies des anacardiens commence à susciter des questions qui dans l'avenir pourraient avoir un impact certain sur l'utilisation du paysage agricole [10]. La plupart des études menées sur la culture des anacardiens au Nord de la Côte d'Ivoire ont visé principalement l'amélioration des performances agro-économiques des exploitations agricoles et l'impact économique, environnemental et social sur les populations productrices de noix de cajou [11-18]. Cependant, aucune étude n'existe sur la cartographie et la dynamique des plantations d'anacardier dans la sous-préfecture de Napié. Devant une telle situation, l'évaluation de la dynamique des anacardiens à l'aide de l'outil de télédétection s'impose pour une gestion durable de l'environnement et des ressources naturelles.

1.2. OBJECTIFS DE RECHERCHE

La présente étude s'inscrit dans la mise en place d'un protocole de cartographie des anacardiens. Elle a pour objectif général de caractériser la dynamique des superficies des anacardiens dans la sous-préfecture de Napié grâce à l'imagerie satellitaire. De manière spécifique, il s'agit de cartographier l'occupation ou l'utilisation du sol et d'évaluer la dynamique du couvert des anacardiens.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

Autrefois appelée Napiéolédougou, la sous-préfecture de Napié est située au Nord de la Côte d'Ivoire dans la région du Poro, entre 9° 7' et 9° 22' de latitude Nord et entre 5° 26' et 5° 40' de longitude Ouest (Figure 1). Elle fait partie des seize (16) sous-préfectures du département de Korhogo [19]. Cette sous-préfecture est composée de 54 villages. La végétation de la région appartient au domaine Soudanais, très hétérogène. Elle est essentiellement savanicole et caractérisée par deux types de végétation à savoir les formations savanicoles et des formations forestières [20]. Tout comme celui de la région de Korhogo, le relief de Napié est caractérisé par une succession de collines et de plaines, avec une dominance de plateaux avec les altitudes variant de 300 à 400 mètres dont le plus remarquable est le Mont Korhogo [20]. Les sols sont essentiellement de type ferrugineux et ferralitique. Ces sols ont une fertilité naturelle faible avec un pH acide (5 à 6,5). Le climat est de type soudanais [21]. Il est caractérisé par une alternance de deux saisons dont une saison sèche (novembre à février), marquée par un vent occidental sec appelé « Harmattan » et une saison pluvieuse (généralement de mars à octobre). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1 289 mm, pour une température moyenne mensuelle de 26,50°C entre 1971 et 2013 selon la station météorologique de Dikodougou [19]. Il est drainé par le Bandama blanc et ses affluents que sont : le Solomougou, le Bou, le Lowoho, le Badéno [21]. La population est essentiellement composée de Sénoufos (Nafara, autochtones), mais, aussi d'allochtones (étrangers). Outre, l'anacarde, le coton constitue la principale culture de rente du département de Korhogo et de ses sous-préfectures [7].

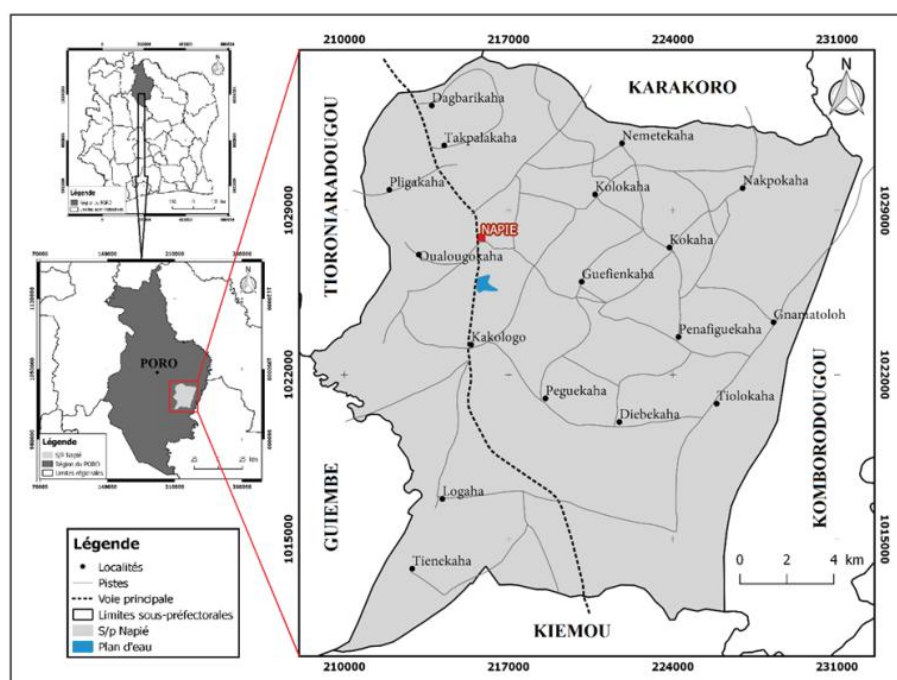


Figure 1: Localisation du site d'étude (Sous-préfecture de Napié)

2.2. MATÉRIEL D'ÉTUDE

Cette étude a nécessité l'utilisation de matériel technique, de données images et des logiciels. Le matériel technique est constitué d'un GPS (*Global Positioning System*), pour enregistrer les coordonnées géographiques des parcelles de contrôle ; un appareil photo numérique, pour les prises de vue 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 ; QGIS (*Quantum Geographical Information Systems*) et IDRISI Selva, pour les applications SIG (Systèmes d'Information Géographique) et les réalisations cartographiques.

L'étude a également utilisé les données images du satellite Landsat dont Landsat 5 TM et Landsat 8 OLI+ téléchargée sur le site internet Earthexplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Il s'agit des images multibandes de la scène 197-054 du 23 novembre 2006, pour le capteur multispectral de Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*) et celle du 16 mars 2019, pour le capteur multispectral OLI+ (*Operational Land Imager Plus*). À l'exception des bandes aérosols, panchromatiques, cirrus et celles du capteur thermique, toutes les autres bandes ont servi à notre étude (Tableau I).

Tableau I: Caractéristiques des images satellitaires utilisées pour l'étude

Capteurs	Résolution spatiale (m)	Bandes spectrales	Longueur d'onde (µm)
Landsat 5 TM Landsat 8 OLI+	30	1- Bleu (visible)	0,45 - 0,52
	30	2- Vert (visible)	0,52 - 0,60
	30	3- Rouge (visible)	0,63 - 0,69
	30	4- Infrarouge proche	0,76 - 0,90
	30	5- Infrarouge moyen 1	1,55 - 1,75
	30	7- Infrarouge moyen 2	2,08 - 2,35

2.3. MÉTHODES

2.3.1. CARACTÉRISATION CARTOGRAPHIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

INTERPRÉTATION VISUELLE DES IMAGES ET DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION

Une méthodologie de l'analyse de l'occupation du sol à partir des données issues de la télédétection et des points de contrôle pris sur le terrain a été faite par une description physionomique des unités d'occupation telles que l'ouverture de la canopée et le degré de couverture du sous-bois [22]. L'interprétation visuelle permet l'analyse des structures de l'image satellitaire. Elle a été réalisée en deux (2) étapes essentielles à savoir le calcul de l'Indice de Végétation Ajustée au Sol (*Soil Adjusted Vegetation Index*, SAVI) et la composition colorée Rouge/Vert/Bleu (RVB) sur l'analyse en composante principale (ACP).

INDICE DE VÉGÉTATION AJUSTÉE AU SOL (*SOIL ADJUSTED VEGETATION INDEX*, SAVI)

Le comportement spectral est très particulier de la végétation en télédétection. Ces indices spectraux sont des indicateurs de l'activité chlorophyllienne de la végétation, car ils permettent de mesurer le

développement et l'état de santé de celle-ci. Il existe plusieurs transformées de l'indice de végétation originel (NDVI) « *Normalized Difference Vegetation Index* » [23]. Parmi eux, l'indice de végétation ajusté pour le sol (SAVI) « *Soil-Adjusted Vegetation Index* [24,25] » a été choisi. Son utilisation trouve sa justification dans la difficulté de détecter la végétation éparses des milieux arides à l'aide du NDVI, à cause de l'influence des propriétés spectrales des sols [25]. Ainsi, afin de réduire cette influence des sols sous-jacents aux couverts végétaux sur le signal mesuré au niveau du capteur satellitaire. [24] propose l'indice de végétation SAVI. Cet indice introduit un paramètre d'ajustement, noté L, qui caractérise le sol et son taux de recouvrement par la végétation. La constante L est de 0,25 pour une forte densité et de 1 pour une très faible densité de végétation.

La formule du SAVI est donnée par l'équation 1 comme étant la différence entre les réflectances dans le rouge et le proche infrarouge.

$$SAVI = \frac{(1 + L)(PIR - R)}{PIR + R + L} \quad (1)$$

PIR = la valeur numérique originelle du même pixel dans la bande du proche infrarouge.

R = la valeur numérique originelle du même pixel dans la bande du rouge.

L est une constante égale à 0,5 (Cas des densités intermédiaires).

COMPOSITION COLORÉE (ACP1/ACP2/ACP3)

La composition colorée permet d'afficher des images en couleurs en tenant compte de la signature spectrale des objets. Dans sa réalisation, elle consiste à attribuer des couleurs fictives aux bandes spectrales afin d'aboutir à une meilleure discrimination des types ou unités d'occupation du sol [26].

Dans cette étude, la composition colorée a été effectuée pour toutes les images sur les Analyses en Composantes Principales (ACP1/ACP2/ACP3) grâce à la fonction "*Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate*" du logiciel ENVI. Les résultats obtenus ont été interprétés sur le terrain. Les Analyses en Composantes Principales (ACP) sont très importantes, car elles permettent de regrouper l'essentielle des informations dans les trois premiers canaux (ACP1/ACP2/ACP3). Il s'agit d'une technique factorielle d'analyse multivariée servant à réduire le nombre de composantes spectrales jusqu'à obtenir un nombre restreint de composantes principales [27]. C'est près de 95% des informations qui sont contenues sur les trois premières composantes [20]. L'information de la troisième composante est généralement faible, car elle contient du bruit. Parmi tant d'autres fonctions de rehaussement, celle de l'égalisation d'histogramme a été appliquée, afin d'augmenter le contraste de couleur et faciliter l'interprétation des images.

ÉLABORATION DES CARTES D'OCCUPATION DU SOL PAR LA CLASSIFICATION SUPERVISÉE

La classification supervisée transforme les données de télédétection en cartes thématiques. Elle consiste à regrouper dans une même classe, les pixels ayant la même signature spectrale correspondant aux thèmes prédéfinis. La transformation des données de télédétection en information sur l'occupation du sol passe obligatoirement par la sélection et la définition des classes d'intérêt [20]. Ces classes d'intérêt ou sites d'entraînement, représentatifs et homogène des classes d'objets au sol, servent de base pour les calculs des algorithmes de classification. Dans ce travail, la digitalisation des parcelles d'entraînement (*Region Of Interest*, ROI) a été réalisée sur les images de la composition colorée (ACP1/ACP2/ACP3). Au moins 10 n pixels d'entraînement ont été collectés avec n, le nombre de bandes [28].

Parmi les algorithmes de classification, celui des réseaux de neurones (Neural Net) a été utilisé. Cet algorithme est très important, car il effectue une classification non paramétrique (ne nécessite pas l'établissement d'un modèle statistique des classes), la rendant performante [29]. Il améliore aussi la précision dans certaines conditions de convergence sur le modèle non linéaire (minimisation des résidus), l'adaptation aux données auxiliaires, la flexibilité et la maniabilité des sous-catégories [30,31]. Les paramètres qui ont été définis sont semblables à ceux de [30] et [31]. Afin d'exécuter la classification, un nombre raisonnable d'itérations a été fixé à 1000 ; un momentum de 0,88, un seuil d'arrêt de 0,15, un taux d'apprentissage fixé à 0,03, une fonction de transfert sigmoïde et une seule couche cachée ont été choisis afin d'obtenir les cartes d'occupation du sol à l'aide du logiciel ENVI 5.1. Huit (8) unités thématiques ont été observées dans cette zone d'étude à savoir les Forêts sèches /Forêts galeries (Fs/Fg), les Savanes arborées ou boisées (SA/SB), les Savanes arbustives (Sarb), les Sols nus / Habitations / Savanes herbeuses / Friches (Sn/Hbt/Shz/Fch), les Cultures vivrières / Jachères / Savanes faiblement arbustives (Cv/Jch/Sfarb), les Anacardiens (Anac), les Zones brûlées ou Brûlis (Zb) et les Retenues d'eau ou Réseau hydrographique (Eau). Deux (2) unités thématiques requièrent l'attention particulière, à savoir les formations forestières (Spectre violet pur ou marron en composition colorée ACP1/ACP2/ACP3), et les plantations d'anacardes (Spectre Bleu en composition colorée ACP1/ACP2/ACP3), pour leur contribution à la densification du couvert végétal en milieu de savane (Figure 2).





Formations ligneuses denses	Description	Spectre ACP
 <p>a. Forêts sèches b. Forêts galeries</p>	<p>Forêts sèches /Forêts galeries (Fs/Fg) Forêts sèches (Fs) : forêts denses sèches, fermées, semi-décidues, pluristrate ; elles se présentent sous forme d'îlots (Figure 2a). Forêts galerie (Fg) : forêts denses qui se localisent en bordure des cours d'eau ; la présence d'anacardiens a été notée aux alentours (Figure 2b).</p>	 <p>Bleu</p>
 <p>c. Anacardes juvéniles d. Anacardes adultes</p>	<p>Plantations d'anacardes (Anac) : zones plantées d'anacardes à différents stades de croissance dont le stade juvénile (Figure 3c).et le stade adulte (Figure 2c et 2d).</p>	 <p>Violet pur / Marron</p>

Figure 2: Description des formations ligneuses denses de la Sous-préfecture de Napié

ÉVALUATION DE LA CLASSIFICATION SUPERVISÉE

L'évaluation de la performance de la classification a été réalisée, dans le logiciel ENVI 5.1, en comparant les images classifiées avec les données de terrains (106 parcelles de contrôles). Cette comparaison est basée sur la matrice de confusion (ou tableau de contingence) qui indique les agréments et les désagréments entre les données. Pour chacune des images classifiées, la matrice de confusion a été calculée, parce qu'elle permet de vérifier la qualité de l'apprentissage et donne une estimation de la validité de la classification [27,32]. De la matrice de confusion, sont déduites les mesures globales suivantes :

- OA (*Overall Accuracy*) : proportion de pixels bien classés (calcul sur les effectifs) ;
- AA (*Average Accuracy*) : moyenne des pixels bien classés de chaque classe ;
- Kappa: coefficient d'arrangement, pour mesurer la qualité globale d'une classification.

2.3.2. DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

ANALYSE DES CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU SOL

La mesure des changements d'utilisation des sols au cours des différentes périodes d'études a été réalisée grâce à l'extension MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Evaluation*) du logiciel QGIS. Cette extension a été spécialement conçue pour analyser, modéliser et simuler les changements d'utilisation du sol et du couvert forestier entre différentes périodes d'études (t et t+1). MOLUSCE permet également de calculer une matrice de transition à travers la fonction « Area Change » qui montre les probabilités de changements entre toutes les classes d'occupation des sols [33]. Les cellules de la matrice de transition contiennent la valeur d'une variable ayant passé d'une classe initiale i à une classe finale j pendant la période allant de t à t+1. Cette matrice ne donne aucune information sur la distribution spatiale des changements, ni sur les processus et causes conduisant aux changements, mais renseigne sur le passage d'un type i d'occupation du sol vers un type j entre les temps t et t+1. Elle est l'un des modèles les plus importants pour évaluer l'évolution des paysages [34]. Elle indique le nombre et les fréquences de toutes les transitions entre les différents types d'occupation du sol pendant une période donnée. Les valeurs en diagonale indiquent la part de chaque classe restée inchangée. Les autres valeurs correspondent au pourcentage des surfaces ayant subi des modifications entre les deux périodes pour chaque classe. Les valeurs en ligne reflètent les surfaces de la classe converties en d'autres classes, tandis que les valeurs en colonne indiquent les gains de superficie [34]. Dans ce travail, une matrice de transition a été réalisée à partir de la superposition des deux images rasters classifiées selon l'intervalle de temps 2006 - 2019.

DYNAMIQUE DES PLANTATIONS D'ANACARDES

Les cartes d'occupation du sol obtenues après la classification supervisée ont été vectorisées au format vecteur « shapefile » pour être utilisées dans le logiciel QGIS. Le choix de ce format se justifie pour la flexibilité, la maniabilité, mais surtout, pour la capacité de stockage de données attributaires dans les tables [31]. Un masque géométrique a été appliqué aux cartes. L'application du masque permet de délimiter les zones d'étude irrégulières, mais aussi de réduire le temps de traitement des données.

La combinaison des composantes spatiales et temporelles en télédétection permet une analyse quantitative et qualitative de la dynamique de la végétation [5]. En effet, l'évaluation spatio-temporelle du couvert des anacardiens entre les années 2006 et 2019 a permis de déterminer la tendance de leur évolution (augmentation, réduction ou stabilité). Pour cela, un nouveau champ indiquant l'année a été créé dans la table attributaire de chaque couche vecteur de la classe concernée (classe des anacardiens) afin de produire les cartes de la dynamique entre ces différentes périodes d'études. Ce champ a été nommé « date1 », pour l'année 2006 avec la valeur « 2006 », dans toutes les lignes. Ce même champ a été nommé « date 2 », pour l'année 2019, avec pour valeur « 2019 ». La fusion de ces couches deux à deux (2006 et 2019) a été réalisée grâce à la fonction « union » du logiciel QGIS. Ainsi, les requêtes spatiales contenues dans le tableau II ont été obtenues en faisant des requêtes sur la table attributaire issue de cette fusion.

Tableau II: Liste des requêtes spatiales et leur signification.

Périodes	Requêtes spatiales	Significations
2006 – 2019	«date1» = 2006 AND «date2» = 0	Anacardiens abandonnés
	«date1» = 2006 AND «date2» = 2019	Anacardiens restés stables
	«date1» = 0 AND «date2» = 2019	Anacardiens créés

MISE EN ÉVIDENCE DES CHANGEMENTS

L'analyse de la structure spatiale des anacardiens a été déterminée par le calcul de certains indices. Il s'agit du taux d'évolution (Te) utilisé par [31], pour déterminer le changement survenu entre deux périodes d'étude et du taux d'évolution annuel (TEA) utilisé par [10], dans le cadre d'une étude sur la dynamique spatio-temporelle des plantations d'anacardier au Sénégal.

- L'indice du taux d'évolution (Te) a été calculé selon l'équation 2 ci-dessous :

$$Te (\%) = \frac{S2 - S1}{S1} \times 100 \quad (2)$$

- Celui du taux d'évolution annuel (TEA) a été donné par l'équation 3 :

$$TEA (\%) = \frac{S2 - S1}{100 \times P} \quad (3)$$

Avec :

S2 = surface occupée par les anacardiens à la date t2 (2019) ;

S1 = surface occupée par les anacardiens à la date t1 (2006) et ;

P = durée de la période d'observation entre la date t2 et la date t1, P est égal à 13 ans).

III. RÉSULTATS

3.1. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL EN 2006 ET 2019

CARTES DE L'OCCUPATION DU SOL DE 2006 ET 2019

La figure 3 présente la carte de l'occupation du sol de la sous-préfecture de Napié en 2006 issue de la classification supervisée. Les résultats de cette classification révèlent que les forêts sèches et les forêts galeries (Fs/Fg) sont pour la plupart entourées par les anacardiens et les savanes arborées ou boisées (SA/SB). La périphérie Sud-est est essentiellement dominée par les SA/SB. Les anacardiens sont moins denses et concentrés dans les parties Nord, Nord-ouest et Sud. Contrairement aux anacardiens (Anac), les cultures vivrières, les jachères et les savanes faiblement arbustives (Cv/Jch/Sfarb) sont denses et couvrent presque la totalité des domaines riverains. Les savanes arbustives (Sarb) sont également nombreuses et situées dans les parties Sud et Est de la sous-préfecture. Les zones brûlées (Zb) et la mosaïque formée des sols nus, les habitations et les friches (Sn/Hbt/Shz/Fch) sont des zones où les propriétés spectrales du sol dominant. Ces zones sont, soit des affleurements rocheux, soit des savanes dont le couvert herbacé est asséché.

L'observation de la carte de l'occupation du sol de l'année 2019 (Figure 3) montre une disparition des formations forestières (forêts sèches et forêts galeries, Fs/Fg) sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces formations sont représentées par quelques tâches forestières correspondant à des bois sacrés ou des îlots forestiers préservés. Elles sont en majorité localisées dans le Sud, le long des cours d'eau. Les anacardiens sont plus concentrés à l'Ouest et le Nord-ouest à proximité de la voie principale entre les localités Kakologo, Gnonkaha et Oualougokaha. Les parties Nord, Nord-ouest et Sud-ouest sont dominées par les cultures vivrières, les jachères et les savanes faiblement arbustives (Cv/Jch/Sfarb). Les savanes arborées et boisées (SA/SB) sont moins denses et localisées au Centre. Quant aux savanes arbustives (Sarb), elles sont fortement présentes du Centre au Sud-est. Ces savanes montrent bien le caractère savanicole du paysage de cette sous-préfecture. Les zones brûlées (Zb) sont nombreuses, du fait de la prise de l'image en saison sèche, période des feux de brousse. Les sols nus sont des surfaces où l'influence du sol est importante, malgré la présence de quelques ligneux ou herbacés.

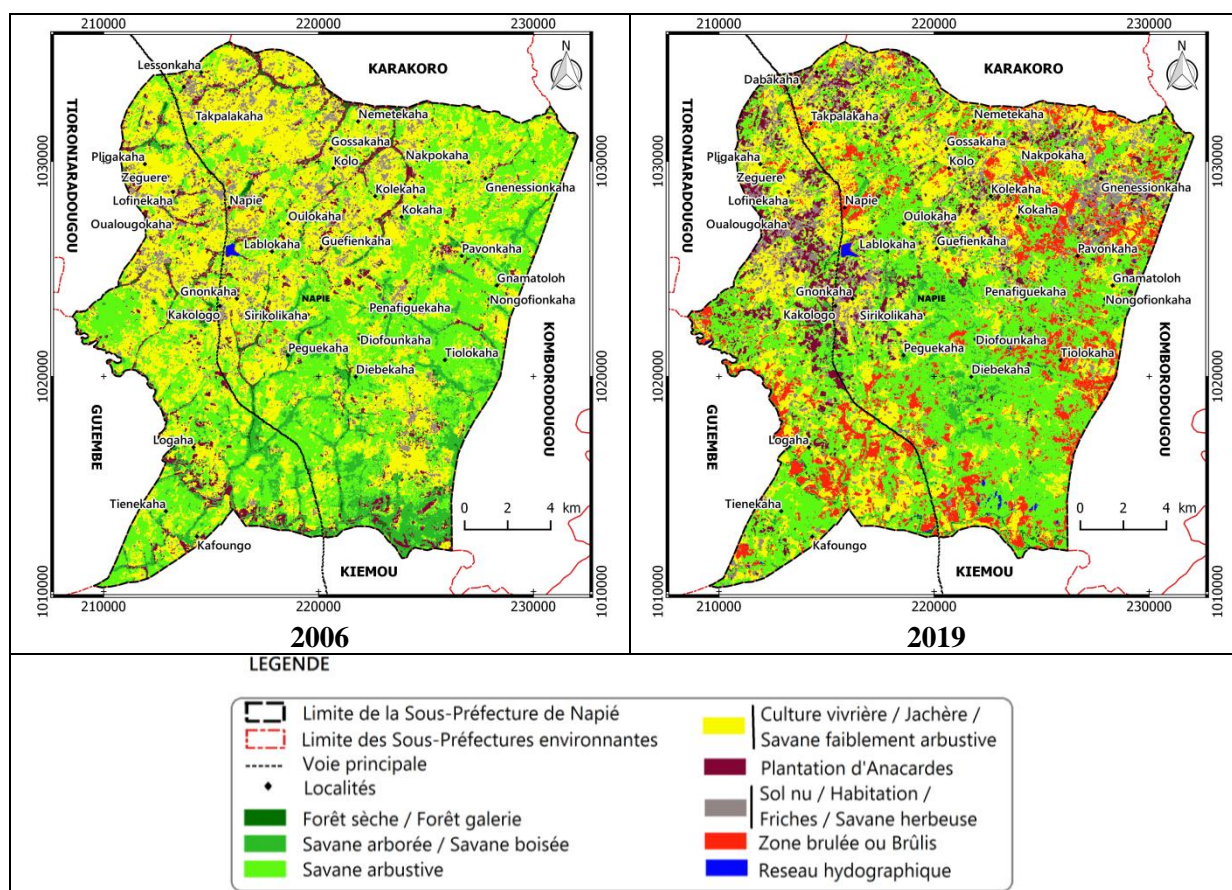


Figure 3 : Carte des occupations du sol en 2006 et 2019.

Les surfaces de l'occupation des années 2006 et 2019, et leurs proportions respectives par rapport à la superficie totale de la sous-préfecture sont présentées dans le tableau III.

En 2006, les Cv/Jch/Sfarb et les savanes arbustives occupaient chacune une superficie de plus de 14000 ha. Les savanes arborées ou boisées, les anacardiens et l'ensemble sols nus, habitations, savanes herbeuses et friches (Sn/Hbt/Shz/Fch) renferment tous une surface supérieure à 2000 ha. Les zones brûlées (Zb), les retenues d'eau (Eau) et les formations forestières (forêts sèches et forêts galeries, Fs/Fg) couvraient chacune une surface inférieure à 1000 ha.

En 2019, l'occupation du sol est dominée par les savanes arbustives avec une superficie estimée à plus de 16300 ha, soit environ 43%. Les forêts sèches et les forêts galeries, faiblement présentes dans la zone d'étude, occupent une superficie de 258 ha, soit 0,69% et les anacardiens, une surface de 2987 ha, soit 7,95%. À l'exception des savanes arbustives, les cultures vivrières, les jachères et les savanes faiblement arbustives sont les plus denses, occupant une surface d'environ 9000 ha, soit 24% de la superficie totale.

Tableau III : Surfaces et proportions des types d'occupations du sol en 2006 et 2019.

	2006		2019	
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)
Fs/Fg	705,87	1,88	258,21	0,69
SA/SB	3483,72	9,27	1075,50	2,86
Sarb	14419,71	38,35	16387,02	43,58
Anac	2426,67	6,45	2987,37	7,95
Cv/Jch/Sfarb	14427,00	38,37	9032,49	24,02
Eau	28,08	0,07	101,07	0,27
Zb	75,24	0,20	4989,96	13,27
Sn/Hbt/Shz/Fch	2032,56	5,41	2767,23	7,36
Total	37598,85	100	37598,85	100

Fs/Fg : Forêts sèches / Forêts galeries ; SA/SB : Savanes arborées / Savanes Boisées ; Sarb : Savanes arbustives ; Anac : Anacardiens ; Cv/Jch/Sfarb : Cultures vivrières / Jachères / Savanes faiblement arbustives ; Eau : Réseau hydrographique ; Zb : Brûlis ; Sn/Hbt/Shz/Fch : Sols nus / Habitations / Savanes herbeuses / Friches.

ÉVALUATION DE LA CLASSIFICATION SUPERVISÉE DE 2006 ET 2019

L'évaluation de la qualité de la cartographie de la sous-préfecture de Napié par le réseau de neurones à l'aide des images Landsat TM 2006 et OLI+ 2019 est présentée sous forme de matrices de confusion (Tableau IV et V). La matrice de confusion a révélé des taux de précision globale de 91,67% pour un coefficient d'arrangement Kappa de 89,94% pour l'image TM 2006 ; le taux de précision globale de 91,32% et un coefficient Kappa de 89,79%, pour l'image OLI+ 2019. Plusieurs confusions ont été observées dont la plus importante est de 24,19% entre les zones brûlées et les retenues d'eau en 2006. Celle obtenue en 2019 est de 29,31%, entre la classe des formations forestières (forêts sèches et forêts galeries) et celle des anacardiens. Les cartes obtenues sont satisfaisantes dans l'ensemble.

Tableau IV: Matrice de confusion de la classification par le réseau neuronal de TM 2006.
Précision globale : 91,67% ; Coefficient Kappa : 89,94% soit 0,8994

OCCUPATIONS	Fs/Fg	SA/SB	Sarb	Anac	Cv/Jch/Sfarb	Eau	Zb	Sn/Hbt/Shz/Fch
Fs/Fg	86,48	0,54	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00
SA/SB	4,92	99,46	0,00	0,00	0,39	3,95	4,39	0,00
Sarb	0,00	0,00	92,44	0,00	6,56	0,00	5,36	0,00
Anac	8,61	0,00	0,00	93,60	0,58	0,00	0,00	0,00
Cv/Jch/Sfarb	0,00	0,00	7,56	0,00	91,12	0,00	0,00	6,01
Eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96,05	24,19	0,00
Zb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,07	0,00
Sn/Hbt/Shz/Fch	0,00	0,00	0,00	0,80	1,35	0,00	0,00	93,99
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Omission (%)	13,52	0,54	7,56	6,40	8,88	3,95	33,93	6,01

Fs/Fg : Forêts sèches / Forêts galeries ; **SA/SB** : Savanes arborées / Savanes boisées ; **Sarb** : Savanes arbustives ; **Anac** : Anacardiens ; **Cv/Jch/Sfarb** : Cultures vivrières / Jachères / Savanes faiblement arbustives ; **Eau** : Réseau hydrographique ; **Zb** : Brûlis ; **Sn/Hbt/Shz/Fch** : Sols nus / Habitations / Savanes herbeuses / Friches.

Tableau V : Matrice de confusion de la classification par le réseau neuronal de OLI+ 2019.
Précision globale : 91,32% ; Coefficient Kappa : 89,79% soit 0,8979

OCCUPATIONS	Fs/Fg	SA/SB	Sarb	Anac	Cv/Jch/Sfarb	Eau	Zb	Sn/Hbt/Shz/Fch
Fs/Fg	58,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
SA/SB	8,62	97,99	2,59	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Sarb	3,45	0,67	87,56	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00
Anac	29,31	1,34	9,33	93,89	0,00	0,00	0,00	0,00
Cv/Jch/Sfarb	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	2,35	0,00
Zb	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	95,29	0,00
Sn/Hbt/Shz/Fch	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	100,00
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Omission (%)	70,69	2,01	12,44	6,11	0,00	0,00	4,71	0,00

Fs/Fg : Forêts sèches / Forêts galeries ; **SA/SB** : Savanes arborées / Savanes boisées ; **Sarb** : Savanes arbustives ; **Anac** : Anacardiens ; **Cv/Jch/Sfarb** : Cultures vivrières / Jachères / Savanes faiblement arbustives ; **Eau** : Réseau hydrographique ; **Zb** : Brûlis ; **Sn/Hbt/Shz/Fch** : Sols nus / Habitations / Savanes herbeuses / Friches.

3.2. DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA SOUS-PRÉFECTURE DE NAPIÉ

DYNAMIQUE DES ANACARDIERS

Les résultats de la dynamique des anacardiens de 2006 à 2019 sont présentés par la figure 4 et le tableau VI. Les anacardiens ont connu une évolution importante au cours de cette période avec un taux d'évolution (Te) positif de 23,10% et un taux d'évolution annuel (TEA) de 0,43%. En effet, initialement localisé dans la partie sud et le long des forêts sèches ou forêts galeries, elles se sont transposées dans la partie Nord-ouest en 2006. Aussi, l'analyse de la dynamique de cette unité thématique a permis de déceler trois principaux types de mutation dans la sous-préfecture. Il s'agit de l'abandon, de la conservation et de la création. La superficie qui a été abandonnée est estimée à près de 1761 ha, contre 2323,73 ha d'anacardiens créés. Quant à la surface restée stable, elle est de 664,53 ha.

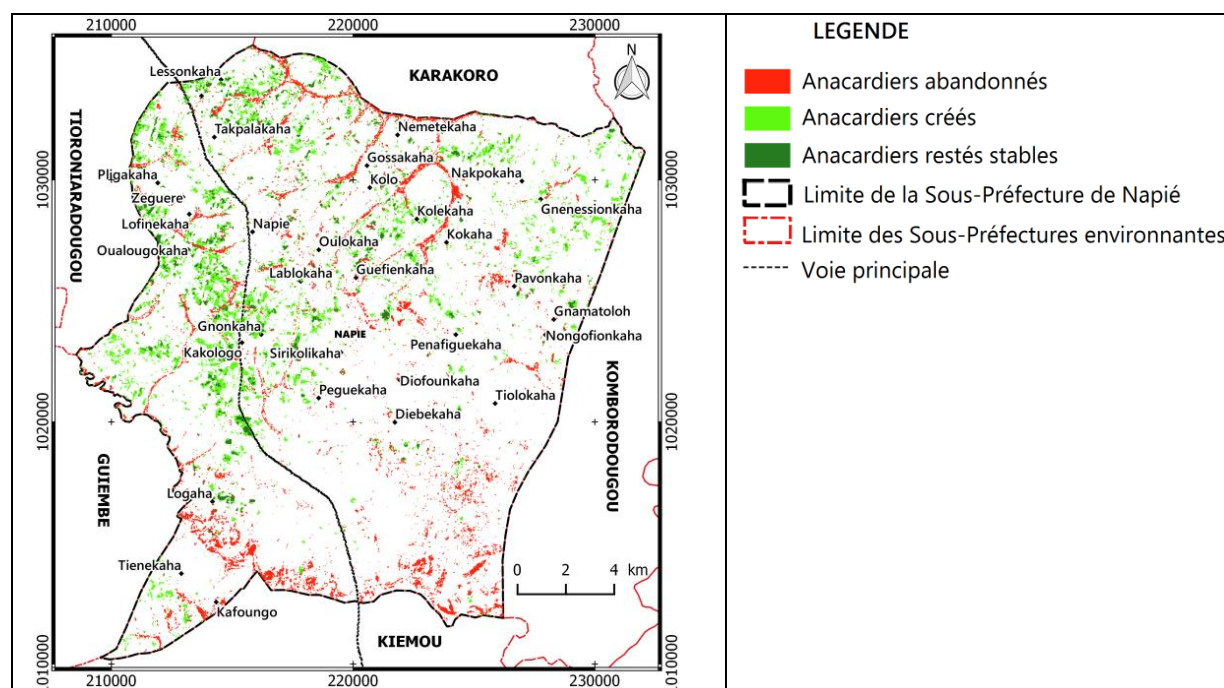


Figure 4 : Carte de la dynamique des anacardiers de 2006 à 2019.

Tableau VI : Dynamique des anacardiers entre 2006 et 2019.

	Stable	Crée	Abandon
Effectifs polygones	1335	5599	4560
Minimum (ha)	0,000758	0,000053	0,000151
Maximum (ha)	9,63	61,11	27,81
Somme (Surface, ha)	664,535747	2323,7271	1761,0542
Moyennes (ha)	0,49778	0,415025	0,386196
Déviati on Standard	0,846853	1,408309	1,13234

CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU SOL ENTRE 2006 ET 2019

Les résultats de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol de la sous-préfecture de Napié de 2006 à 2019 sont illustrés par les matrices de transition (Tableaux VII).

L'on note un recul des forêts sèches/forêts galeries (Fs/Fg) en faveur des savanes arborées ou boisées (15,38%), savanes arbustives (31,95%) et de la mosaïque formée des cultures vivrières, jachères et savanes faiblement arbustives (20,66%). Les savanes arborées ou boisées, les anacardiers, les zones brûlées et l'ensemble des cultures vivrières, jachères et savanes faiblement arbustives ont été majoritairement convertis en savanes arbustives. Aussi, 20,29% des anacardiers et 42,91% des sols nus, habitations, savanes herbeuses et friches (Sn/Hbt/Shz/Fch) ont été transformés en cultures vivrières, jachères et savanes faiblement arbustives. Une partie de la superficie de certaines classes d'occupation a été convertie en plantations d'anacardiers. Les plus importantes conversions sont mentionnées par la classe des forêts sèches et forêts galeries avec 10,44% et des sols nus, habitations, savanes herbeuses et friches (Sn/Hbt/Shz/Fch) au cours de la période 2006 - 2019.

Tableau VII : Matrice de transition des types d'occupation du sol entre 2006 à 2019.

2006 \ 2019	Fs/Fg	SA/SB	Sarb	Anac	Cv/Jch /Sfarb	Eau	Zb	Sn/Hbt/ Shz/Fc	Total
Fs/Fg	2,54	15,38	31,95	10,44	20,66	0,28	12,98	5,78	100
SA/SB	5,59	7,68	51,28	3,07	10,38	1,11	18,94	1,96	100
Sarb	0,16	2,97	54,74	4,32	16,01	0,14	16,77	4,88	100
Anac	0,49	3,16	28,68	27,38	20,29	0,39	12,64	6,98	100
Cv/Jch/Sfarb	0,06	1,29	37,88	8,65	33,53	0,03	9,19	9,37	100
Eau	1,60	0,00	8,65	0,32	0,00	87,50	1,92	0,00	100
Zb	1,67	0,36	29,19	1,91	19,02	2,87	40,43	4,55	100
Sn/Hbt/Shz/Fch	0,04	0,36	14,56	13,26	42,91	0,01	7,71	21,14	100

Fs/Fg : Forêts sèches / Forêts galeries ; SA/SB : Savanes arborées / Savanes boisées ; Sarb : Savanes arbustives ; Anac : Anacardiers ; Cv/Jch/Sfarb : Cultures vivrières / Jachères / Savanes faiblement arbustives ; Eau : Réseau hydrographique ; Zb : Brûlis ; Sn/Hbt/Shz/Fch : Sols nus / Habitations / Savanes herbeuses / Friches. [En rouge gras : importante transformation ; En noir gras : occupation du sol restée stable]

IV. DISCUSSION

La présente étude a permis de cartographier l'occupation du sol à partir des images satellitaires (TM 2006 et OLI+ 2019). Les résultats de l'évaluation de la performance de la classification supervisée ont donné pour chacune des cartes, un taux de précision supérieur à 85% et un coefficient de Kappa également supérieur à 85%. Cependant, diverses confusions ont été observées lors des différentes classifications. Ces confusions pourraient se justifier par l'hétérogénéité de la zone d'étude. La variation au sein de la couverture ligneuse et le passage des feux de brousse offrent une diversité de signatures spectrales relativement proches pour certaines formations pendant la saison sèche. Ces difficultés ont été signalées par d'autres auteurs dont [20] et [4]. Pour ces auteurs, les confusions seraient dues à une similarité de réponses spectrales pour certaines formations ligneuses. Malgré ces confusions, nous pouvons affirmer que les valeurs obtenues sont statistiquement satisfaisantes et indiquent que les images ont été correctement classées car, une étude d'occupation du sol est validée avec un Kappa supérieur à 50 % [35]. Par ailleurs, des valeurs de Kappa supérieures à 80 % mettent en concordance réelle la classification aux observations de terrain [36].

La dynamique des anacardières a révélé un abandon de 1761,05 ha de superficie entre 2006 et 2019. Ce taux élevé d'abandon du couvert des anacardières au cours de cette période pourrait s'expliquer par deux (2) facteurs, à savoir la baisse du prix bord-champ de la noix de cajou et le passage des feux de brousse en période de sécheresse [3,6]. En effet, la baisse du prix bord-champ d'un produit agricole au profit d'un autre dans une zone entraînerait un abandon de la culture du produit dont le prix est moins important. Ce résultat est en conformité avec les travaux de [18]. Selon ceux-ci, le prix bord champ de l'anacarde a connu une baisse au cours de cette période (2011 à 2013) alors que celui du coton était en pleine croissance. Ils affirment aussi que la production du coton demeure encore significative dans les systèmes agricoles paysans et une source importante de revenus dans la sous-préfecture de Napié. De plus, les feux de brousse sont l'une des principales menaces qui pèsent sur les parcelles d'anacarde pendant la saison sèche. C'est plusieurs milliers d'hectares de vergers d'anacardes qui partent en fumée chaque année [37], avec l'accroissement de la dégradation des conditions climatiques [3].

Par ailleurs, la période allant de 2006 à 2019 a connu une augmentation du couvert des anacardières passant de 2426,67 ha en 2006 à 2987,37 ha en 2019 avec un taux d'évolution annuel positif (0,43%). La progression constatée au cours de cette période serait due au même facteur prix qui, cette fois, a connu une hausse pour l'anacarde, mais aussi par une assistance du gouvernement ivoirien à travers la mise en place de plusieurs programmes et projets tel que le projet d'appui à la compétitivité de la chaîne de valeur de l'anacarde. En effet, selon le FIRCA [38], le gouvernement ivoirien a créé en 2013, l'organe de régulation, de suivi et de développement des filières coton et anacarde (le Conseil du Coton et de l'Anacarde) par le décret n°2013-681 du 02 octobre 2013, en vue d'améliorer les rendements, de réduire la pression foncière et de maîtriser l'environnement de la filière de l'anacarde. Cette réforme du secteur de l'anacarde a engendré un engouement pour les agriculteurs qui s'est ensuite traduit par un accroissement des surfaces cultivées.

Concernant l'analyse des changements de l'occupation du sol de la sous-préfecture de Napié, les résultats ont montré les différentes transformations qui se sont opérées entre les classes d'occupation durant cette période d'étude. Une partie de la superficie de plusieurs classes d'occupation a été convertie en plantations d'anacardières. L'une des importantes conversions est mentionnée par la classe des forêts sèches et forêts galeries au cours de la période 2006 et 2019. Cette transformation suggère un recul de la végétation naturelle. Ce constat a été fait au Sénégal dans les zones du Bassin arachidier par [10], qui affirme que la dynamique évolutive d'occupation de l'anacardier dans le paysage agricole a entraîné une diminution des surfaces couvertes par la végétation naturelle et les zones de culture. Notre résultat est également conforme à celui de [16]. Ceux-ci ont montré qu'à la faveur de la culture de l'anacarde, les savanes et les forêts des zones Nord de la Côte d'Ivoire (région de Bouna) sont transformées en de vastes vergers d'anacardières.

V. CONCLUSION

L'usage de l'algorithme des réseaux de neurones dans la cartographie a permis d'obtenir les cartes d'occupation du sol avec des précisions globales et des indices de kappa supérieurs à 85%. L'étude de la dynamique du couvert des anacardières (*Anacardium occidentale* L.) de la sous-préfecture de Napié a permis de cartographier, d'évaluer l'évolution des superficies et de déterminer les changements opérés dans la zone depuis 2006 à aujourd'hui. De plus, l'analyse des cartes et le calcul des taux d'évolution (globaux et annuels) ont permis de voir la tendance évolutive des superficies d'anacardier entre 2006 et 2019, et de montrer les profondes transformations qui ont eu lieu dans la zone. En général, les plus importantes transformations ont été mentionnées par la classe des Sols nus/Habitations/Savanes herbeuses/Friches (13,26%), des Forêts sèches/Forêts galeries (10,44%) et des mosaïques Cultures vivrières/Jachères/Savanes faiblement arbustives (8,65%) au profit des anacardières. Pour nous, si la tendance évolutive des anacardières se poursuit au rythme actuel, cela pourrait conduire à une monopolisation du milieu et une disparition totale du couvert végétal naturel dans la zone.

RÉFÉRENCES

- [1] L. Poorter, F. Bongers, F.Y.N. Kouamé and W.D. Hawthorne Biodiversity of West African Forests: An Ecological Atlas of Woody Plant Species, 521p, (2003).
- [2] N. Myers, R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca and J. Kent Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature* 403 (2000) 853 - 858.
- [3] C.S. Dekoula, B. Kouamé, K.E. N'Goran, J.-N. Ehouou, G.F. Yao, K.E. Kassin, J.B. Kouakou, A.E.B. N'Guessan and N. Soro Variabilité des descripteurs pluviométriques intrasaisonniers à impact agricole dans le bassin cotonnier de Côte d'Ivoire : cas des zones de Boundiali, Korhogo et Ouangolodougou *Journal of Applied Biosciences* 130 (2018) 13199 - 13212.
- [4] H. Diallo, I. Bamba, Y.S.S. Barima, M. Visser, A. Ballo, A. Mama, I. Vranken, M. Maïga and J. Bogaert Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du baoulé), *Secheresse* 22 (2011) 97 - 107.
- [5] M. Koné, K. Kouadio, Y.L. Kouadio, D.F.R. Neuba, D.F. Malan and 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.
- [6] Y.J.J. Koffi Impacts socio-économique et écologique de la culture de l'anacarde dans la région du Zanzan (Nord-est de la Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA option géographie rurale, 58p, (2005).
- [7] P. Lebailly, S. Lynn and H. Seri Etude pour la préparation d'une stratégie pour le développement de la filière anacarde en Côte d'Ivoire, *Rapport Diagnostic*, 92p, (2012).
- [8] K. Miaman Analyse de la chaîne de valeur du secteur anacarde de la Côte d'Ivoire. Initiative du Cajou Africain (ICA), rapport général, 76p, (2010).
- [9] PSAC Evaluation Environnementale et Sociale Stratégique (EESS) de la zone agroindustrielle de Korhogo. Projet d'appui à la compétitivité de la chaîne de valeur de l'anacarde en Côte d'Ivoire. Termes de référence, Projet d'appui au Secteur Agricole en Côte d'Ivoire (PSAC), 13p, (2017).
- [10] C.O. Samb, E. Faye, M. Dieng, D. Sanogo, S.A.N. Samba and B. Koita Dynamique spatio-temporelle des plantations d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans deux zones agro-écologiques du Sénégal, *Afrique SCIENCE* 14 (2018) 365 - 377.
- [11] E.M. Lautié, F. Dornier, M. De Souza and M. Reynes Les produits de l'anacardier: caractéristiques, voies de valorisation et marchés, *Fruits* 56 (2001) 235 - 248.
- [12] G. Tuo Analyse de la filière anacarde en Côte d'Ivoire: stratégies de développement et de lutte contre la pauvreté. Mémoire de D.E.A, Université de Bouaké (Cote d'Ivoire), 41p, (2007).
- [13] D. Soro Couplage de procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pomme de cajou : performances et impacts sur la qualité des produits. Thèse de doctorat, Spécialité Génie des Procédés, Montpellier SupAgro, 156p, (2012).
- [14] Y.L. Akpa Impact de l'expansion de la noix de cajou sur l'utilisation des terres et le changement de couverture des terres et les stocks de carbone dans la zone de transition Forêt-Savane, Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Kwamé Nkrumah du Ghana, 188p, (2015).
- [15] S. Adaman and K.A. N'dri Impacts Socio-économiques de la culture de l'anacarde dans la Sous-préfecture d'Odienné (Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal* 12 (2016) 369 - 383.
- [16] C.Y. Sangne, I. Bamba, B.K. Kpangui, A.K. Kouakou and Y.S.S. Barima Emprise des champs d'anacarde sur les forêts et savanes en milieu paysan autour du parc national de Comoé, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (2019) 662 - 675.
- [17] I. Bamba, H.M. Guemi, Y.S.S. Barima and Y.C. Sangne Cashew Nut is Reshaping the Rural Landscape of the Seguela Sub-Prefecture (Northwestern Côte d'Ivoire), *International Journal of Natural Resource Ecology and Management* 4 (2019) 22 - 28.
- [18] K. Silué, J.F.A. Gbodje and A. Djako Dynamique spatiale de l'anacarde et problématique de la sécurité alimentaire dans la zone dense du Département de Korhogo (Nord-Côte d'Ivoire), *Revue Espace Géographique et Société Marocaine* 32 (2020) 145 - 162.
- [19] PRICI Financement additionnel au projet d'urgence de renaissance des infrastructures. Rapport du Projet de Renaissance des Infrastructures en Côte d'Ivoire (PRICI), Côte d'Ivoire, 204p, (2016).
- [20] M. Koné Etude de la variabilité de la couverture ligneuse en milieu de savane à partir de l'imagerie satellitaire haute résolution : Cas du Nord de la Côte d'Ivoire (Région de Korhogo). Thèse de doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 135p, (2004).
- [21] J. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sircoulin, P. Touchebeuf, J.L. Guillaumet, E. Adjanohoun and A. Perraud Le milieu naturel de la Côte. Mémoire ORSTON 50, 161-261, (1971).
- [22] K. Kokou and A.D. Kokutse Conservation de la biodiversité dans les forêts sacrées littorales du Togo. *Diversité biologique Bois et Forêts des Tropiques* 292 (2007) 59 - 70.
- [23] J.W. Rouse, R.H. Haas, D.W. Deering, J.A. Schell and J.C. Harlan Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. P. 309-317, in S. C. Freden, E. E. Mercanti & M. A. Becker (éd.), *Third Earth Resources Technology Satellite Symposium Proceedings*, Washington, D.C., 10-14 december 1973, NASA Science and Technology Information Office, Washington D.C., Publication NASA SP-351, vol. 1, (1973).
- [24] A.R. Huete A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment* 25 (1988) 295 - 309.
- [25] V. Vani and R.M. Venkata Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in Anantapur District semi-arid areas, *International Journal of Civil Engineering and Technology* 8 (2017) 559 - 566.
- [26] A. Midekor and J. Wellens Initiation à ENVI dans le cadre du projet Renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou, disponible sur (www.ge-eau.org), 84p, (2013).
- [27] J. Oszwald Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000), Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, France, 304 p, (2005).
- [28] E. Tonyé, A. Akono and A.N. Nyongui Le traitement des images de télédétection par l'exemple, Univ. Yaoundé 1. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, Laboratoire d'Electronique du Traitement du Signal (LETS) Manuel d'utilisation du Logiciel VOIR, 252 p., (1999).
- [29] G. Hosni Utilisation des réseaux de neurones pour la cartographie des milieux humides à partir d'une série temporelle d'images RADARSAT-1. Thèse de doctorat, spécialité : Télédétection, Université du Québec, 213p, (2002).
- [30] V.-C. Jofack Sokeng, F.K. Kouamé, H. Dibi N'da, B. Tankoano, L. Akpa You and B. Ngounou Ngatcha Cartographie de l'occupation de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI, *International Journal of Innovation and Scientific Research* 23 (2016) 443-454.
- [31] K.G.-C. Douffi, M. Koné, K.I. Kouassi, Y.J. N'Guessan and A. Bakayoko Farmers Establishment Impact on the Forest Dynamic of Monogaga Protected Forest, in the Southwest of Côte d'Ivoire: Remote Sensing and Geographical Information Systems (GIS) Approach, *European Journal of Engineering Research and Science* 4 (2019) 12-20.

- [32] M.C. Girard and C.M. Girard Traitement des données de télédétection, Interprétation physique des données, les comportements spectraux. Dunod, Paris, 529 p, (1999).
- [33] W.Y.W. Ibrahim and A.N.M. Ludin Spatiotemporal Land Use Change Analysis Using Open-source GIS and Web Based Application, International Journal of Built Environment and Sustainability 2 (2015) 101 - 107.
- [34] J. Bogaert, I. Vranken and M. Andre Anthropogenic effects in landscapes: historical context and spatial pattern. In: Hong S. K., Bogaert J., Min Q. (eds) Biocultural Landscapes. Springer, Dordrecht, Disponible sur https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-8941-7_8 et consulté le 27 novembre 2019, (2014).
- [35] R.G. Pontius Quantification error versus location in comparison of categorical maps, Photogrammetrie Engineering and Remote Sensing 66 (2000) 1011 - 1016.
- [36] A.J. Viera and J.M. Garrett Understanding interobserver agreement: the kappa statistic, Family Medicine 37 (2005) 360 - 363.
- [37] C. Konan and P. Ricau La filière anacarde en Côte d'Ivoire acteurs et organisation. Création d'un réseau NTIC proactif de partage des connaissances du marché mondiale de la Noix de Cajou, pour valoriser la filière en Côte d'Ivoire, Compte-rendu de missions, mars-juillet 2010, 36p, (2010).
- [38] FIRCA La Filière Anacarde, Acte 20. La Filière du Progrès, Rapport 2ème semestre du Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole (FIRCA), 55p, (2018).

KONÉ Moussa, et.al. "Cartographie de l'occupation du sol et dynamique des anacardiens de la sous-préfecture de Napié, au nord de la Côte d'Ivoire." Quest Journals Journal of Research in Environmental and Earth Science, vol. 06, no. 02, 2020, pp. 35-46.