

## Dynamique d'expansion des cacaoyères dans les zones de contact forêt-savane: cas de la sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire)

K.B. Kpangui<sup>1\*</sup>, B.T.A. Vroh<sup>2</sup>, D. Kouamé<sup>1</sup>, B.Z.B. Goné<sup>2</sup>, B.J.-C. Koffi<sup>1</sup> & C.Y. Adou Yao<sup>2</sup>

**Keywords:** Remote sensing- Cocoa farm- Vegetation dynamics- Agroforestry system- Côte d'Ivoire

### Résumé

*En Côte d'Ivoire, les zones de contact forêt-savane ont été considérées à partir les années 1970 comme non favorables à la culture cacaoyère. Depuis quelques années pourtant, l'on note un retour de l'économie cacaoyère dans ces zones. La présente étude, réalisée dans la sous-préfecture de Kokumbo, a eu pour objectifs de cartographier et de suivre à partir d'images Landsat de 1990, 2002 et 2016, l'évolution spatio-temporelle de cette culture. Pour mieux comprendre les fondements des pratiques paysannes utilisées, des enquêtes ont été réalisées dans différents villages de la zone. Il ressort du traitement que l'emprise de la culture cacaoyère est de plus en plus importante dans la région. Cette culture cacaoyère s'installe au détriment des forêts et savanes qui ont respectivement perdues 25% et 58,1% de leur superficie initiale. Les enquêtes menées ont permis de discriminer quatre types d'exploitation cacaoyère dont près de 65% des parcelles ont été installées entre 2002 et 2014. Face à cette expansion qui est relativement récente, la question de la durabilité des systèmes de production cacaoyère dans cette région se pose. Leurs performances agronomique et économique ainsi que leur valeur pour la conservation de la biodiversité devraient être analysées dans les prochaines études.*

### Summary

#### Cocoa Expansion Dynamics in the Forest-Savanna Contact Zones: Case Study of the Sub-prefecture of Kokumbo (Centre Côte d'Ivoire)

*In Côte d'Ivoire, forests-savannah transition areas have been considered from the 1970s as unfavorable to cocoa cultivation. In recent years, however, there has been a comeback to the cocoa economy in these areas. This study carried out in the sub-prefecture of Kokumbo, aimed to map and to follows the spatial and temporal evolution of this crop using Landsat images of 1990, 2002 and 2016. In order to better understand the fundamentals of the peasant practices, surveys were carried out in different villages in the area. Treatment shows that the influence of cocoa culture is becoming increasingly important in the region. This cocoa crop is set up to the detriment of forests and savannahs, which have lost 25% and 58.1% of their initial area respectively. The surveys identified four types of cocoa farms, of which 65% of the plots were created between 2002 and 2014. Facing this relatively recent expansion, the issue of the sustainability of cocoa production systems in this region arises. Their agronomic and economic performances and their value for biodiversity conservation should be analyzed in future studies.*

<sup>1</sup>Université Jean Lorougnon Guédé, UFR environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire

\*Auteur correspondant: Email: kpanguikb@gmail.com

## Introduction

En Afrique de l'Ouest et du Centre, des relevés botaniques et des observations ponctuelles effectuées dans les zones pré-forestières ont mis en évidence une nette tendance de la forêt à s'implanter en savane depuis les années 1950 (12). Cette colonisation spontanée des espaces savanicoles par les espèces forestières va s'accélérer avec l'introduction des cultures de rente telles que le cacaoyer dans ces régions (2, 6, 15). En Côte d'Ivoire, introduite dans les régions forestières, la culture cacaoyère connaîtra un succès dans la zone de contact forêt-savane du Centre-est (2, 10). Au début des années 1970, cependant, la baisse globale de précipitation dans tout le pays et la fréquence répétée des feux de brousses vont emmener de nombreux chercheurs à considérer cette région comme non favorable à la culture cacaoyère. Ainsi, face aux incertitudes du climat, à la réduction des forêts et à la variation des rendements des cultures, cette économie cacaoyère va être déplacée dans les zones forestières du Centre-ouest (8, 21, 26). Cette extension de la cacaoculture sera également associée à plusieurs vagues de migrations de populations originaires du Centre et du Nord de la Côte d'Ivoire mais aussi des pays voisins (28). A partir de 1990, un épuisement progressif des réserves forestières dans les régions du Centre-ouest, la chute des cours du binôme cacao café et la situation politique liée à l'avènement du multipartisme auront pour conséquences l'émergence et l'accentuation des tensions sociales (26). Toute cette situation va entraîner des déplacements internes vers de nouvelles régions forestières du Sud-ouest et aussi un retour pour certains dans leur région d'origine, laissant craindre ainsi l'effondrement de cette économie cacaoyère (16, 28). Au début des années 2000, cette dernière va pourtant connaître une relance avec le conflit politico-militaire en Côte d'Ivoire. En effet, profitant de l'insécurité et parfois de l'absence d'autorités administratives dans ces régions, les populations vont se déplacer massivement dans les espaces domaniaux (1, 3). Parallèlement à l'invasion des aires protégées et forêts classées dans les régions forestières, cette décennie de crise sociopolitique souligne le retour des zones de contact forêt-savane dans l'économie cacaoyère ivoirienne. En effet, plusieurs travaux indiquent que malgré la disparition des forêts, le vieillissement des vergers, la culture cacaoyère persiste dans certaines régions et s'étend aux zones savanicoles (19, 22).

Cette situation tend à démontrer que l'épuisement des réserves forestières et même la baisse de précipitations ne constitueraient à eux seuls des facteurs devant entraîner le déclin de la cacaoculture dans une région. Dans un tel contexte, l'on est amené à s'interroger sur les fondements des pratiques paysannes qui maintiennent des cacaoyères dans une zone de transition forêt-savane peu adaptée. La présente étude s'est fixée pour objectif général de suivre et comprendre l'extension de la cacaoculture dans une zone de contact forêt-savane comme celle de la sous-préfecture de Kokumbo. Spécifiquement, il s'est agi de cartographier et analyser la dynamique spatio-temporelle des systèmes de cultures dans la zone et caractériser les différentes pratiques culturelles mises au point par les paysans.

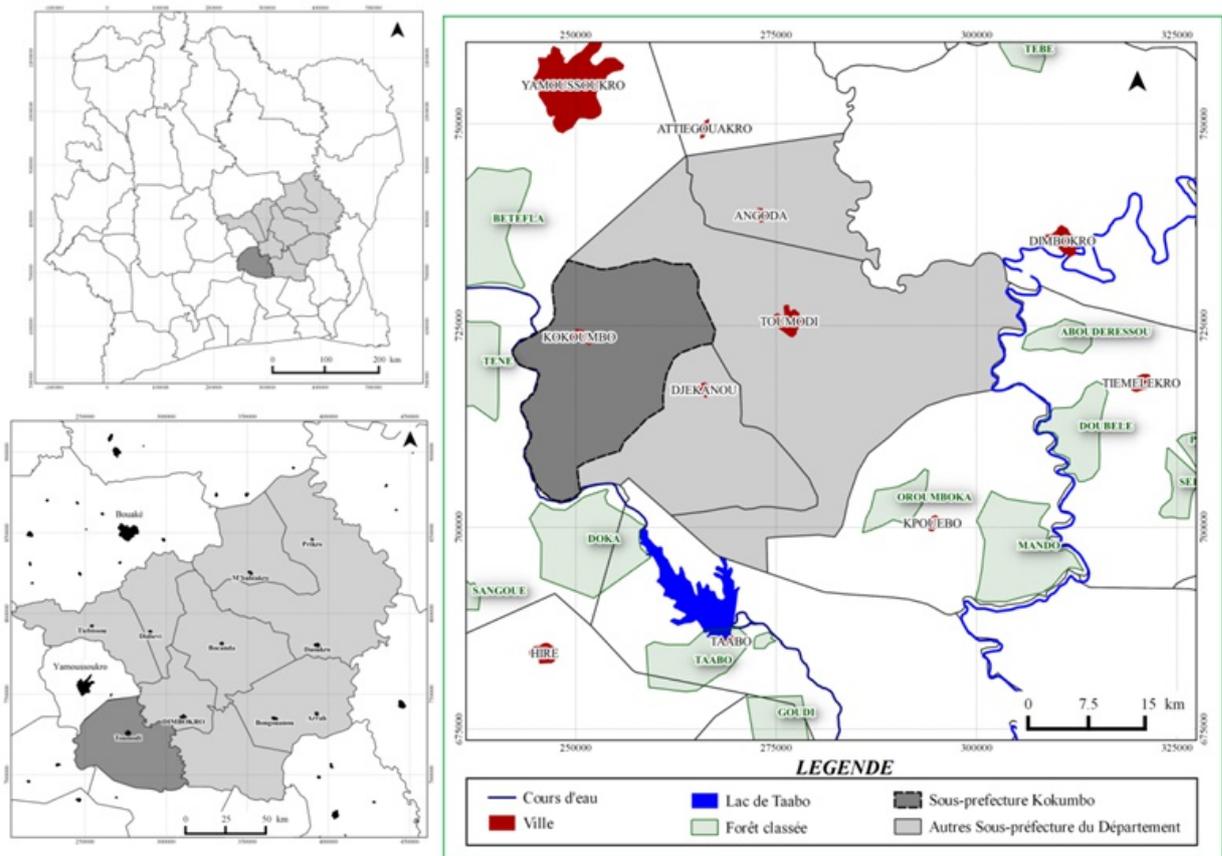
## Matériel et méthodes

### Site d'étude

L'étude a été conduite dans le Centre de la Côte d'Ivoire, dans la sous-préfecture de Kokumbo (Figure 1). La végétation est constituée d'une mosaïque de savanes guinéennes et de forêts humides semi-décidues à *Celtis* spp (Cannabaceae) et *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. (Malvaceae) (11). La transition entre ces deux types de formations végétales se fait sous la forme d'un gradient le long duquel la part des savanes est croissante depuis les blocs forestiers jusqu'à la région sub-soudanaise où les forêts ne représentent plus qu'une faible partie du territoire (14). Les populations de la zone d'étude sont essentiellement représentées par le groupe ethnique Baoulé (autochtone), arrivé à la suite de diverses migrations à partir de la région de Bouaké. L'on y rencontre d'autres peuples (Malinké, Sénoufo, Malien, etc.) venus essentiellement pour l'exploitation de l'or du Kokumbo-Boka (9). Le climat, de type équatorial de transition, est caractérisé par deux saisons des pluies d'inégale importance, séparées par deux petites saisons sèches. Les précipitations annuelles varient entre 1106 et 1300 mm par an tandis que les températures annuelles oscillent entre 26,5 °C et 28 °C.

### Traitement des images et production des cartes

Dans cette étude les images acquises (L1T) avaient déjà subi un prétraitement (corrections radiométriques et géométriques) avant leur mise en ligne sur le site de téléchargement (25). Il s'agit d'images Landsat TM de 1990, ETM+ de 2002 et OLI 2014, acquises durant les périodes de saison sèches. La principale opération effectuée a donc été l'extraction de la zone d'étude. Elle a consisté à délimiter sur l'ensemble de la scène que couvre l'image satellitaire, une fenêtre de travail de 602 pixels sur 1062 lignes sur la branche Ouest du 'V Baoulé' et plus particulièrement sur la Sous-préfecture de Kokumbo.



**Figure 1:** Cartes de localisation et présentation de la zone d'étude.

Cette fenêtre de travail est limitée par les coordonnées 5°15' et 4°35' W et 5°51' et 6°32' N. La taille réduite de la fenêtre de travail se justifie par l'absence d'images non polluées (nuages) pouvant couvrir toute la Sous-préfecture de Kokumbo. Trois principales opérations complémentaires ont été effectuées sur les images obtenues. D'abord, des indices de végétations tels que la brillance des sols, l'humidité d'humidité, leur luxuriance de la végétation ont été calculés à partir de l'algorithme du TasseldCap. Le calcul de ces indices avait pour objectif de discriminer les types de formations végétales comparativement à leur niveau d'humidité, leur luxuriance et leur degré de recouvrement du sol. Des Analyses en Composantes Principales (ACP) ont ensuite été réalisées à partir de ces indices et des bandes brutes pour concentrer l'essentiel de l'information des bandes spectrales sur les trois premières composantes. Des compositions colorées ont été enfin réalisées à partir de ces bandes réduites et/ou brutes, pour en distinguer celles qui discriminent mieux les différentes formations végétales. Le traitement d'images satellitaires pour le choix des sites d'échantillonnage a consisté à effectuer la composition colorée (RGB) OLI5 (proche infrarouge), OLI6 et 7 (moyen infrarouge), qui

exploitant les couleurs primaires Rouge-Vert-Bleu à l'avantage de mettre en évidence les formations végétales riches en ligneux en rouge-grenat (23). Tous ces traitements ont été effectués avec le logiciel ENVI 4.7.

La production des cartes a été possible après les différentes missions de collectes de données dans la zone d'étude. Sur cette base de l'interprétation visuelle des compositions colorées, 150 sites ont été sélectionnés et visités durant les missions de validation. Durant cette mission, les sites sélectionnés ont été identifiés et décrits suivant plusieurs paramètres : la hauteur et le recouvrement des différentes strates de végétation, les traces d'activités humaines etc. (7). Au niveau des cultures pérennes, les contours de plantations d'âge et de structure différentes ont été levés à l'aide du GPS, pour faciliter la caractérisation de leur signature spectrale sur les différentes compositions colorées réalisées et affiné la classification des images. De retour du terrain, une partie des points visités (75 points) ont servi à la classification des images grâce de l'algorithme du maximum de vraisemblance (29). La validation de cette classification a été réalisée à partir des 75 autres points, utilisés comme parcelles de contrôle.

Pour l'analyse de la performance de la classification, la précision globale et l'indice Kappa ont été calculés. Une matrice de confusion a été élaborée pour recenser les classes présentant des signatures spectrales similaires. Un filtre médian 3x3 a été utilisé pour l'élimination des pixels isolés avant la production de définitive des cartes.

Une Analyse de la dynamique et des changements d'occupation du sol a été effectuée évaluer à la répartition quantitative des différents types d'occupation du sol pour chaque année (1990, 2002 et 2014), puis à leur évolution sur les 24 années que couvrent les images. Au niveau qualitatif, il a été question d'apprécier la structure spatiale des différents types d'occupation du sol d'abord au niveau des deux différentes dates 1990-2002 et 2002-2014. Des matrices de transition ainsi que des cartes de changements ont été ainsi élaborées afin de mettre en évidence les proportions d'affectation d'un type d'occupation du sol donné en un autre sur les périodes identifiées.

### **Caractérisation sociodémographique et agronomique de la culture cacaoyère**

Pour comprendre l'installation de la culture cacaoyère dans cette zone des enquêtes ont été réalisées auprès des populations de trois villages : Niamkey-Konankro, Langossou et Kimoukro. Le choix des villages s'est fait sur la base de la dominance des types de formations végétales (14), des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (22), du relief et des origines des populations (9). Dans ces trois villages, des questions ouvertes ont d'abord été adressés aux différents chefs de village et notables. Par la suite, des questionnaires individuels ont été soumis aux paysans propriétaires de parcelles cacaoyères. Enfin, des observations minutieuses et participatives de terrain ont été effectuées auprès des petits exploitants agricoles pour mieux appréhender les pratiques culturelles. Toutes enquêtes avaient pour objectif d'établir un lien entre le profil des paysans, les caractéristiques agronomiques des plantations et surtout les périodes d'installation des cultures. Pour y arriver une analyse factorielle Multiple (AFM), couplée à une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été effectuée à partir des différentes données collectées (22). Pour vérifier l'homogénéité des groupes, des tests de Khi-deux et de Fisher ont été effectués sur les coordonnées des variables qualitatives et quantitatives issues de l'AFM. Ces tests ont permis également de distinguer les variables les plus discriminantes de chacun des groupes identifiés (4) Le package FactoMineR du logiciel R a été utilisé à cet effet.

## **Résultats**

### **Précision de la cartographie des types d'occupation du sol**

Les traitements réalisés ont permis d'identifier 11 classes d'occupation du sol pour les images de 1990 et 2002, puis 12 classes pour celles de 2014.

Les précisions cartographiques globales des classifications sont de 83,41 % ; 82,54 % et 82,70 % respectivement pour les images de 2014, 2002 et 1990 (Tableau 1).

**Tableau 1**  
Paramètres de validation des cartes produites.

Année	1990	1997	2002
Précision globale	82,7	82,63	83,41
Coefficient Kappa	0,81	0,81	0,81

Pour l'ensemble des traitements réalisés, des confusions ont été observées entre différentes classes d'occupations du sol (Tableaux 2, 3 et 4). Les fortes confusions ont été observées entre les forêts denses et les forêts secondaires avec des valeurs de 31,4% pour l'image de 2002. Au niveau des cultures pérennes, les confusions sont généralement faibles entre les types identifiés. La plus importante a été observée en 2014 entre les agroforêts complexes (pluristratifiées) et les agroforêts simples avec une valeur de 10,6%. Les cultures pérennes se confondent également aux formations forestières. Il s'agit des agroforêts complexes (pluristratifiée) dont les confusions avec les forêts secondaires varient entre 14,4% (2002) et 16 % (2014); avec les forêts denses entre 6,9% (2002) et 13,7% (2014); et avec les forêts galeries de 19,2% (2014). Concernant les savanes, la confusion entre le type arbustif et boisé est faible. La plus importante confusion a été observée en 2002 avec les localités/sols nus (20%).

### **Tendance évolutive globale de la couverture végétale 1990 à 2014**

Les différents types d'occupations du sol dans la zone d'étude, ont été regroupés en six catégories ou classes, pour mieux suivre la dynamique de la végétation (Figure 2). D'une manière générale, quatre tendances peuvent être décrites concernant la dynamique de ces différentes catégories (Tableau 5). La première s'observe dans l'évolution des surfaces des forêts (forêt dense, forêt galerie, forêt ripicole et forêt secondaire) et des savanes (arbustives et boisées). Dans ces deux classes, les surfaces initiales baissent durant la première période de l'analyse puis se stabilisent sur les deux dernières périodes.

**Tableau 2**  
Matrice de confusion des classes d'occupations du sol en 1990.

Classes	F1	F2	F3	S1	S2	L/S	ZB	CD	C/J	CP 2	CP 3
F1	84,6	0	1	0	0	0	0	0,6	0	0	1,9
F2	8	62,5	1,6	0	0,6	0	0	0	0,7	0	22,3
F3	4,3	2	92,3	0	0	0	1	2,8	0	0	0,4
S1	0	0	0	89,8	7,5	5,7	26,7	0	2,9	0	0
S2	0,6	13,8	3,9	0	70,1	0	1	0,3	13,4	0	3,6
L/S	0	0	0	2,6	0,6	92	2,9	0	0,7	0	1,3
ZB	0	0	0	5	1,7	0,3	67,6	0	0	0	0
CD	0	0	1	0	0	0	1	96,3	0	0	0
C/J	0	1,3	0	2,6	16,7	0,6	0	0	79,4	0	8,1
CP 2	0	0	0	0	0	1,3	0	0	2,2	97,9	1,9
CP 3	2,5	20,4	0,3	0	2,9	0	0	0	0,7	2,1	60,4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tableau 3**  
Matrice de confusion des classes d'occupations du sol en 2002.

Classes	F1	F2	F3	S1	S2	L/S	ZB	CD	C/J	CP 2	CP 3	Bruit
F1	44,1	9,2	5	0	0	0	0	0,7	0	0	3,6	0
F2	31,4	46,8	25	0,2	2,7	0	0	0,4	0	0	12,9	0
F3	9,8	21,3	68,1	0	2,7	0	0	0,7	0	0	4,9	0
S1	0	0	0	85,4	4,2	17,1	6,6	0	0,6	0	0	0
S2	0	1,4	0,3	7,7	81,6	0	0	0	5,2	0	0	0
L/S	0	0,7	0	1,1	0,3	81,8	1,2	0,4	0,8	0,2	0	0
ZB	0	0	0	2,9	0	0	92,3	0	0	0	0	0
CD	1	0	0	0	0	0	0	97,9	0	0	0	0
C/J	0	1,4	0	2,4	8,6	1	0	0	92,6	1,2	7,8	0
CP 2	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	96	4,4	0
CP 3	13,7	19,2	1,6	0,2	0	0	0	0	0,8	2,4	66,4	0
Bruit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tableau 4**  
Matrice de confusion des classes d'occupations du sol en 2014.

Classes	F1	F2	F3	S1	S2	L/S	ZB	CD	C/J	CP 1	CP 2	CP 3
F1	86,2	12,2	0	0	0	0	0	0	0,4	0,8	0	0,4
F2	3,5	51,2	0	0	0,5	0	0	0	0	2,3	9,1	16
F3	0	2,4	99	0	0	0	0	2,7	0	0,8	0	0,2
S1	0	0	0	65,6	3,2	3,5	3,4	0	0,2	0	0	0
S2	0	0	0	0	93,1	0	0,6	0	0	0	0	0
L/S	0	0	0	20	1,1	96,6	1,7	0	5,1	0,8	0	0
ZB	0	0	0	1,9	0,5	0	90,3	2	0	0	0	0
CD	0	0	0	0	0	0	0	94	0	0	0	0
C/J	3,5	0	0,5	12,6	1,6	0	4	1,3	88,8	4,6	0,9	0,4
CP 1	0	12,2	0,5	0	0	0	0	0	5,5	74,2	6,8	0,5
CP 2	0	7,3	0	0	0	0	0	0	0	16,5	78,5	10,6
CP 3	6,9	14,6	0	0	0	0	0	0	0	0	4,7	71,9
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

F1: Forêt dense; F2: Forêt secondaire; F3: Forêt galerie; S1: Savane arbustive; S2: Savane boisée; L/S: Localité/sol; ZB: Zone brûlée; CD: Cours d'eau; C/J: Culture /Jachère; CP1: Culture pérenne 1; CP 2: Culture pérenne 2; CP 3: Culture pérenne 3

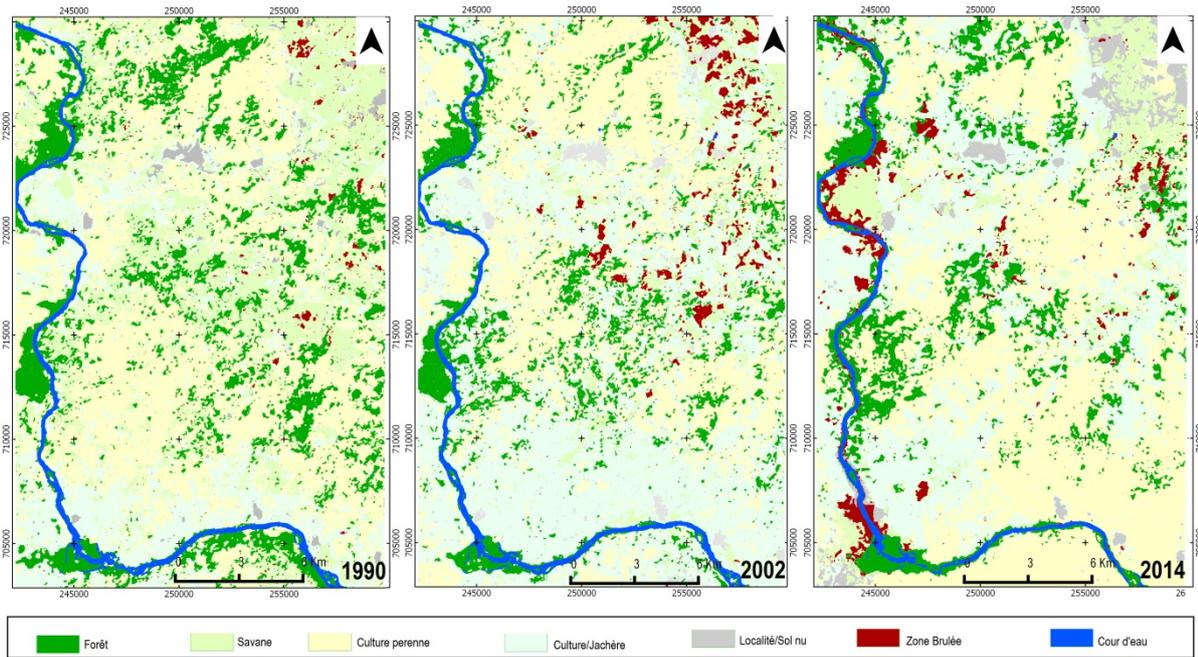


Figure 2: Cartes des dynamiques de l'occupation du sol entre 1990 et 2014.

**Tableau 5**  
Variation des superficies et taux de changements d'occupation du sol  
entre 1990 et 2014.

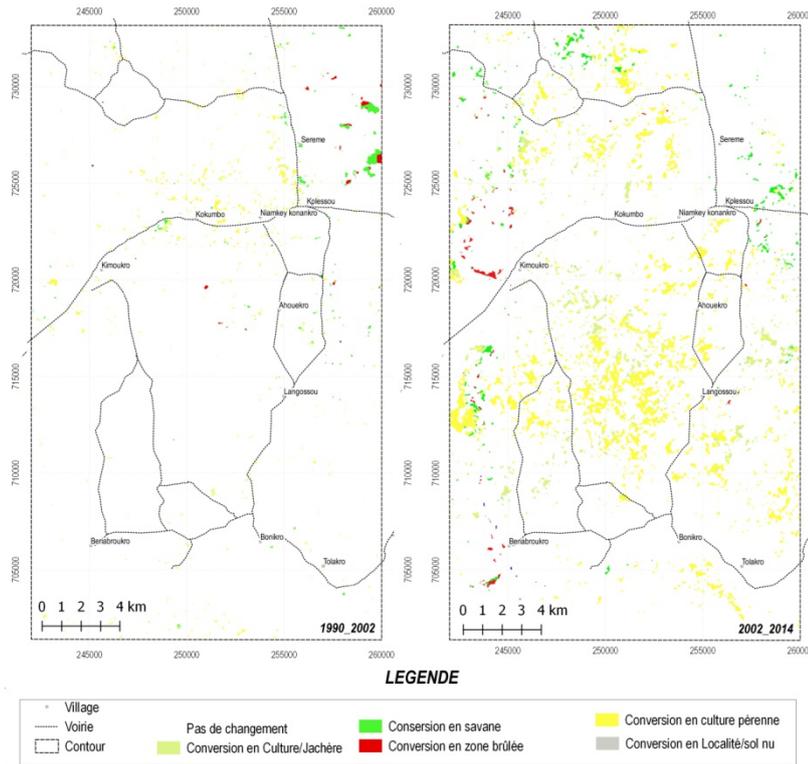
Occupation du sol	Surface (Ha)			Taux de changement (%)		
	1990	2002	2014	1990-2002	2002-2014	1990-2014
Forêt	8218	5723	6167	-30,4	7,8	-25
Savane	12452	5057	5223	-59,4	3,3	-58,1
Culture/Jachère	11179	23508	15293	110,3	-34,9	36,8
Culture pérenne	23252	18531	25353	-20,3	36,8	9
Localité/Sol nu	832	1647	3022	98	83,5	263,2
Zone brûlée	370	1590	1427	329,7	-10,3	285,7
Cours d'eau	1242	1293	1060	4,1	-18	-14,7
Total	57545	57348	57545			

Concernant les forêts, les surfaces calculées sont de 8 218 ha, 5 723 ha et 6 167 ha respectivement pour les années 1990, 2002 et 2014. Chez les savanes, les surfaces sont passées de 12 452 ha (1990) à 5 223 ha (2014).

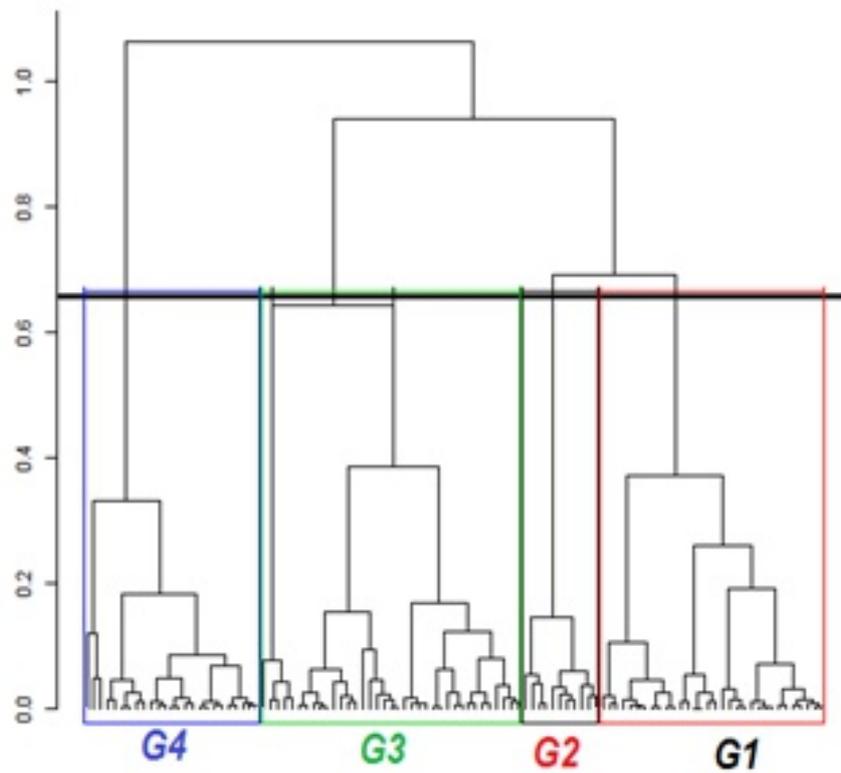
La seconde tendance décrit les classes dont les surfaces initiales faibles ont connu une croissance importante dans le temps. Cela s'observe dans les classes localités/sols nus et zone brûlée. Pour la classe localité/sol nu les surfaces calculées sont passées de 832 ha (1990) à 3 022 ha (2014). Dans celle des zones brûlées, les surfaces partent 370 ha (1990) à 1 427 ha (2014).

tendance s'observe dans la classe des cours d'eaux dont les superficies n'ont pratiquement variés au cours du temps (Tableau 5).

La dernière tendance s'observe dans les classes cultures pérennes et la mosaïque de culture /jachère qui enregistrent les plus grandes superficies et également les plus fortes variations sur les 24 ans. Dans ces deux classes, les superficies calculées varient inversement d'une année à l'autre (Tableau 5). Chez les cultures pérennes, la surface initiale de 23 252 ha (1990) a baissé en 2002 (18 531 ha) et connaît une hausse en 2014 (25 353 ha). Dans la classe de mosaïque de culture /jachère une tendance inverse est observée. Les superficies calculées sont de 11 179 ha, 23 508 ha et 15 293 ha respectivement pour les années 1990, 2002 et 2014.



**Figure 3:** Cartes des changements d’occupation du sol dans la zone d’étude.



**Figure 4:** Dendrogramme des types de plantation cacaoyère dans la zone d’étude.

## Changement de l'occupation du sol entre 1990 et 2014

Sur l'ensemble de la période que couvre l'étude (1990 à 2014), l'on observe une perte des surfaces de forêt, savane et cours d'eau. Elles sont principalement reconverties en culture pérenne et en mosaïque de culture/Jachère (Tableau 5). En considérant les trois périodes, l'on note une forte variation dans les changements d'une zone à l'autre. Les plus forts taux de changement ont été observés entre 2002 et 2014. Ils sont plus orientés vers la reconversion des espaces en culture pérenne dans pratiquement toute la zone d'étude. Entre 1990 et 2002, les plus fortes pertes sont observées dans la zone de Kokumbo (Figure 3).

## Caractéristiques agronomiques des exploitations cacaoyères

Les enquêtes individuelles ont porté sur 105 cultivateurs de cacao dans l'ensemble des trois villages. Leur âge varie de 19 à 89 ans avec une moyenne de 44 ans. Ces cultivateurs ont majoritairement été scolarisés (59,1%). Leur niveau d'instruction se limite principalement au primaire (38,1%) et au secondaire (20,9%). Trois modalités d'acquisition des terres ont été citées par les paysans : l'héritage, le don et l'achat. L'héritage du père ou de la grande famille constitue le principal mode d'accès à la terre dans la zone d'étude (85% des cas). Viennent le don à un individu qui a longtemps travaillé pour une famille (9,7%) et l'achat (5,3%).

Les superficies de plantations cacaoyères déclarées par les paysans varient entre 0,5 ha et 25 ha pour une moyenne de 3 ha. Les vergers de cacao sont vieillissants dans l'ensemble de la zone. Leur âge varie de 2 à 70 ans pour une moyenne de 27 ans. En considérant les différentes périodes retenues pour cette étude, cela correspond à 35% de parcelles installées avant 1990 ; 30% pour la période de 1990 à 2002; et 35% pour la période 2002-2014. Quatre précédents ont été cités par les paysans: les forêts (45,7%), vieilles plantations (33,3%), les jachères (14,3%) et les savanes (2,9%). Les variétés cultivées sont de trois types: l'Amelonado (Français pour les paysans), la première génération d'hybrides (Ghana) et une deuxième génération d'hybride (Mercedes). L'Analyse Factorielle Multiple (AFM) réalisée partir de ces variables et couplée à la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a permis de discriminer quatre (04) classes des plantations dans la zone d'étude (Figure 4). Sur les huit variables utilisées dans l'analyse, le mode d'acquisition des parcelles, la superficie des parcelles, la localité enquêtée, la période d'installation des plantations et le précédent cultural se sont avérés les plus discriminants dans la formation des différents groupes.

Le premier groupe (G1) rassemble 34 cultivateurs

interviewés dans les localités de Niamkey-Konankro (80,4%) et de Langossou (3,2%). Il se caractérise par des cultivateurs ayant majoritairement hérités (38,2%) de parcelles dont les superficies sont comprises entre 1 et 2 hectares (52,9%). Dans ce groupe, se rencontrent les plantations installées avant l'année 1990 (48,6%) dans des forêts (43,7%). Le second groupe (G2) rassemble, comme le précédent, des cultivateurs de Niamkey-Konankro (19,5%) et Langossou (6,5%). Sa particularité réside dans le mode d'acquisition des terres qui reste dominé par le Lègue (100%) et par des parcelles de superficie inférieure à un hectare (36,4%). La période d'installation des parcelles de ce groupe se situe entre 1990 et 2002. Le troisième groupe (G3) rassemble 32 personnes interviewées, provenant majoritairement de la localité de Kimoukro (96,9%). Il se caractérise par des parcelles cacaoyères dont les superficies ne sont pas connues par les cultivateurs (75%); acquises par héritage (35,9%) et installées dans des jachères (60%). Le quatrième groupe (G4) est constitué de 29 cultivateurs provenant presque exclusivement de Langossou (90,3%). Il se caractérise par des parcelles cacaoyères de superficies comprises entre 3 et 4 hectares (58,3%) et acquises par achat (100%). Il s'agit majoritairement de parcelles installées entre 2002 et 2014 (43,2%) dans des savanes (71,4%) et de vieilles plantations (42,8%).

## Discussion

### Cartographie de la dynamique de l'occupation du sol dans la zone d'étude

Dans la zone d'étude, le traitement des images satellitaires de 1990 à 2014, confirme l'implantation de la cacaoculture dans cette zone de contact forêt-savane. Il ressort des analyses que les cultures pérennes et les jachères dominent les paysages de cette région. L'augmentation des superficies des cultures et des sols nus ou dégradés pourrait être due en grande partie à la pression humaine qui provoque de plus en plus une anthropisation des zones naturelles (31). Les précisions cartographiques globales ayant permis de faire des discriminations des types d'occupation du sol vont de 82,63% à 83,41% respectivement pour les images TM de 1990 et OLI de 2014. Les images OLI ont permis une meilleure discrimination des cultures pérennes comparativement aux images TM et ETM+. Cela pourrait être attribué au fait que le nouveau capteur OLI de Landsat 8 a une meilleure résolution radiométrique (16 bits) que les images TM et ETM+ (25, 30).

Les classifications effectuées sur les trois images

n'ont pas permis de discriminer correctement d'une part, les forêts secondaires et les agroforêts complexes et, d'autre part, les savanes arbustives et les mosaïques de cultures jachères. La confusion entre les agroforêts et les forêts secondaires pourrait s'expliquer par le fait que la signature spectrale des deux est proche. En effet, l'essentiel du signal perçu au capteur provient de la strate ligneuse (23). Or dans la zone, les paysans utilisent des pratiques agroforestières depuis toujours pour la création des parcelles cacaoyères (5, 13, 22). Cette pratique se traduit par l'abandon à dessein, d'arbres ou d'arbustes en vue de créer de l'ombrage pour les jeunes cacaoyers. De ce fait, lorsque les plantations entrent en production, les cacaoyers forment une nouvelle strate qui s'ajoute à celle des espèces fruitières introduites et des espèces locales tolérées. L'ensemble se comporte sur les images satellitaires, comme des forêts secondaires (27). Pour une meilleure discrimination des cultures pérennes, Kouamé (20) préconise la fusion des informations fournies par les indices de végétation. Les confusions entre les mosaïques jachères-cultures et les savanes arbustives pourraient s'expliquer par le fait que ce type de formation végétale est dominé par les herbacées qui soit se dessèchent naturellement pendant la saison sèche ou sont brûlées par les feux récurrents dans la zone (18).

L'analyse de l'évolution des types d'occupation du sol met en évidence les relations entre la disponibilité de forêts et/ou savanes et le développement de la culture cacaoyère. L'étude a en effet montré que sur l'ensemble de la zone d'étude, la dynamique de la végétation est orientée dans le sens d'une conversion des surfaces forestières et savanicoles en parcelles agricoles. Ce passage de forêts ou de savanes à culture se fait par l'intermédiaire des jachères. Il pourrait s'agir d'un phénomène cyclique qui a pour moteur principal le feu dont l'impact sur les forêts et savanes augmente chaque année. Les forêts et les savanes sont ainsi transformées en cultures annuelles et en jachères pour les zones non mises en valeur après le passage du feu d'où la fusion de ces deux classes. Ces cultures annuelles sont remplacées après quatre à cinq ans par les cultures pérennes en particulier le café ou le cacao. Elles seront à leur tour mises en jachère lorsqu'elles ne sont plus productives donnant après quelques années, l'aspect de forêts secondaires. Ces forêts ou plantations abandonnées seront reconverties, plus tard, en culture par les héritiers des premiers occupants et le cycle recommence. Ce modèle cyclique des cultures pérennes est qualifié de rente forestière et décrit par Ruf (27) dans les zones forestières du Centre-ouest. L'abandon et l'introduction de ces arbres dans les plantations participent selon des auteurs à la dissémination des

espèces forestières dans les zones savanicoles après l'abandon des plantations (6, 30). Pour ces auteurs, la reconversion des savanes, passe par des pratiques agroforestières qui commencent par le maintien des arbres dans les plantations de vivriers comme l'igname. Certains auteurs considèrent que la conversion des surfaces savanicoles en forêt est un phénomène naturel (14). Ce phénomène s'explique d'une part, par des facteurs naturels favorables au développement d'un couvert arboré. D'autre part, par des processus biologiques comme la coalescence en proche en proche favorisant la pousse des ligneux en lisière des savanes dont les graines sont disséminées par les hommes, les animaux et le vent (6).

### **Caractéristiques agronomiques et installation des vergers dans les zones de contact forêt savane**

L'analyse des caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyers a montré que les superficies sont faibles et l'âge moyen est élevé. L'âge et les périodes d'installation des parcelles confirment que la cacaoculture est présente depuis un bon nombre d'années dans cette région de contact forêt-savane (9, 14). L'âge actuel des plantations est le reflet des importants «booms» d'extension cacaoyère entre 1970 et 1990, surtout dans le Centre-ouest (2). La faible proportion de plantations installées dans la décennie 1990 pourrait ainsi indiquer une régénération des vergers dès les débuts de l'année 2000. En effet, l'analyse des cartes de changement indique que les reconversions de la végétation en culture pérenne ont fortement augmenté après 2002. Cette installation de parcelles cacaoyère pourrait provenir de paysans déplacés à la suite du conflit armé de 2002 ou de jeunes déscolarisés (8).

Les différents groupes obtenus dans les analyses factorielles réalisées indiquent qu'il existe dans la zone plusieurs générations de plantations cacaoyères dont la conduite varie en fonction des précédents culturels, des variétés cultivées et même de la localisation géographique. Au niveau des exploitations, la typologie réalisée indique que les pratiques culturelles sont en pleine mutations. Elle confirme que différents changements se sont effectués de façon graduelle dans les temps et dans l'ensemble des localités étudiées à partir des variétés culturelles. Au regard des variétés cultivées, l'on comprend aisément la cohabitation des différents systèmes agroforestiers identifiés à partir de l'imagerie satellitaire. En effet, l'existence de systèmes pluristratifiés est d'abord liée à la présence de la variété Amelonado (26). La présence des systèmes agroforestiers simples parfois plein soleil ou sous ombrage léger pourrait provenir de l'adoption des variétés hybrides après confirmation au Ghana des performances agronomiques des hybrides en l'absence d'ombrage (18, 23).

Leur forte adoption proviendrait du fait que la

recommandation a été faite par la recherche dans les années 1970, période au cours de laquelle la cacaoculture a amorcé son développement dans la région voisine du Centre-ouest.

## Conclusion

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude a montré l'aptitude des images satellitaires à discriminer les types d'occupation du sol dans la zone d'étude. Il ressort des différents traitements effectués à partir des images qu'il existe trois types de systèmes de culture à base de cacaoyer en zone de contact forêt-savane. L'analyse de l'évolution de surfaces indique que la cacaoculture constitue le principal moteur de la dynamique de l'occupation du sol dans la région d'étude. Elle est à la base de la perte des surfaces de savanes et de forêts. Les enquêtes réalisées ont montré que la culture

cacaoyère bien que présente depuis de nombreuses années dans la région, a connu de nombreux changements. Quatre types de parcelles cacaoyères sont tenus par les paysans. Le développement de la culture cacaoyère varie différemment d'une zone à l'autre selon la dominance des formations végétales. Malgré le fait que cette expansion de la culture cacaoyère dans cette zone soit bénéfique aux populations, la question de sa durabilité demeure cependant une préoccupation. Il serait ainsi important dans les prochains travaux d'évaluer les performances tant agronomiques qu'économiques de ces systèmes de productions cacaoyères.

## Références bibliographiques

- Assalé A.A.Y., Barima Y.S.S., Kouakou K.A., Kouakou A. T.M. & Bogaert J., 2016, Agents de dégradation d'une aire protégée après une décennie de conflits en Côte d'Ivoire: cas de la forêt classée du Haut-Sassandra, *Int. J. innov. Sci. Res.*, **22**, 123-133.
- Assiri A.A., Yoro G.R., Deheuvelds O., Kebe B.I., Keli Z.J., Adiko A., & Assa A., 2009, Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire, *J. Anim. Plant Sci.*, **2**, 55 - 66.
- Barima Y. S. S., Kouakou A. T. M., Bamba I., Sangne Y. C., Godron M., Andrieu J. & Bogaert J., 2016, Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast), *Global Ecol. Conserv.*, **8**, 85-98.
- Bécue-Bertaut M. & Pagès J., 2007, Multiple factor analysis and clustering of a mixture of quantitative, categorical and frequency data. *Computational Stat. Data Analysis*, **52**, 3255 - 3268.
- Blanc-Pamard C., 1978, Espace vécu et milieu de contact forêt-savane chez les paysans Baoulé et leurs enfants dans le Sud du «V Baoulé» Côte d'Ivoire, *Cah. ORSTOM, Série Sci. Hum.*, **15**, 145 - 172.
- Camara A., Dugué P., Cheylan J.P. & Kalms J.M., 2009, De la forêt naturelle aux agroforêts en Guinée forestière, *Cah. Agric.*, **18**, 425 - 432.
- Chatelain C., 1996, *Possibilités d'application de l'imagerie satellitaire à haute résolution pour l'étude des transformations de la végétation en Côte d'Ivoire forestière*. Thèse Doctorat ès-Science., Faculté des Sciences, Université de Genève, Suisse, 206 p.
- Chauveau J.-P. & Bobo K.S., 2003, La situation de guerre dans l'arène villageoise, Un exemple dans le Centre-Ouest ivoirien, *Politique Afr.*, **1**, 12 - 32.
- Chauveau J.-P., 1979, Les cadres socio-historiques de la production dans la région de Kokumbo (pays baoulé, Côte d'Ivoire), *Cah. ORSTOM Sci. hum.*, **7**, Bondy, (France), 143 p.
- Clough Y., Barkmann J., Jührbandt J., Kessler M., Wanger T. C., Anshary A., Buchori D., Cicuzza D., Darras K., Putra D., Erasmis S., Pitopang R., Schmidt C., Schulze C. H., Seidel. D., Steffan-Dewenter I., Stenchly K., Vidal S., Weist M., Wielgoss A.C. & Tschamtk T., 2011, Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **108**, 831 -8316.
- Guillaumet J.L., Adjanohoun E., 1971, *La végétation de la Côte d'Ivoire*. In *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire*. Mémoires ORSTOM, 50, Paris (France), pp 161 - 263.
- Happi J.Y., 1998, *Arbres contre graminées: la lente invasion de la savane par la forêt au Centre-Cameroun*, Thèse de Doctorat, Université Paris IV, Paris, France, 237 p.
- Herzog F.M., 1994, Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Cote d'Ivoire, *Agrofor Syst.*, **27**, 259-267.
- Hiernaux P., 1975, *Étude phytoécologique du pays baoulé méridional (Côte d'Ivoire centrale)*, Thèse Doctorat Ingénieur, CNRS Montpellier, France, 206 p.
- Jagoret P., Ngogue H.T., Bouambi E., Battini J.-L. & Nyassé S., 2009, Diversification des exploitations agricoles à base de cacaoyer au Centre Cameroun: mythe ou réalité? *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13**, 271 - 280.
- Kassin K.E., Doffangui K., Kouamé B., Yoro R.G. & Assa A., 2008, Variabilité pluviométrique et perspectives pour la replantation cacaoyère dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire, *J. Appl. Biosci.*, **12**, 633 - 641.
- Koko L.K., Snoeck D., Lekadou T.T. & Assiri A.A., 2013, Cacao-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire, *Agrofor. Syst.*, **87**, 1043 - 1052.
- Kouadio K.B., N'Da D.H., Vroh B.T.A., Zobi I.C. & N'Guessan K.E., 2013, Dynamique de la végétation et fréquence des feux de brousse dans la réserve de faune d'Abokouamekro (Centre, Côte d'Ivoire), *Eur. Sci. J.*, **9**, 179 - 192.

19. Kouadjo J.M., Keho Y., Mosso R.A., Toutou K.G. Nkamleu G.B. & Gockowski J., 2002, *production et offre du cacao et du café en Côte d'Ivoire*, STCP, 128 p.
20. Kouamé N.P., 2013, *Apport de l'imagerie satellitaire à la détection précoce des cultures sous couvert forestier dans les aires protégées soumises aux pressions anthropiques: cas de la cacaoculture dans le Parc National de Mont Sangbé à l'Ouest de la Côte d'Ivoire*, Mémoire de Master, CURAT, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 61 p.
21. Kouassi A.M., Kouame K.F., Saley M.B. & Biemi J., 2013, Impacts des changements climatiques sur les eaux souterraines des aquifères de socle cristallin et cristallophyllien en Afrique de l'ouest: cas du bassin versant du N'Zi-Bandama (Côte d'Ivoire), *Larhyss J.*, **16**, 121 - 138.
22. Kpangui K.B., Kouamé D., Gone B.Z B., Vroh B.T A., Koffi B.J.C. & Adou Yao C.Y., 2015, Typology of cocoa-based agroforestry systems in a forest-savannah transition zone: case study of Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire), *Int. J. Agron. Agric. Res. (IJAAR)*, **6**, 36 - 47.
23. N'Da D.H., N'Guessan K.E., Wadja E.M. & Kouadio A., 2008, Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire), *Télédétection*, **8**, 17 - 34.
24. N'Doumé C., Lachenaud P., Hussard A., Nguyen V.H. & Flori A., 2000, Étude de faisabilité pour l'élaboration d'une cartographie statistique d'inventaire des vergers café et cacao en Côte d'Ivoire par télédétection satellitaire, *Bull. SFPT*, **157**, 3 - 10.
25. Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R., Woodcock C.E., Allen R.G., Anderson M.C., Helder D., Johnson D.M., Kennedy R., Scambos T.A., Schaaf C.B., Schott J.R., Sheng Y., Vermote E.F., Bindschadler R., Cohen W.B., Gao F., Hipple J.D., Hostert P., Huntington J., Justice C.O., Kovalsky V., Lee Z.P., Lymburner L., Masek J.G., McCorkel J., Shuai Y., Trezza R., Wynne R.H., Zhu Z., Irons J.R., Belward A.S., Kilic A. & Vogelmann J., 2014, Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research, *Remote Sens. Environ.*, **145**. 154 - 172.
26. Ruf F.O. & Schroth G., 2004, *Chocolate Forests and Monocultures: A Historical Review of Cocoa Growing and Its Conflicting Role in Tropical Deforestation and Forest Conservation* pp 107 – 134, In Island Press, Washington, Washington 357 p..
27. Ruf F.O., 1991, Les crises cacaoyères. La malédiction des âges d'or? *Cah. Etudes Afr.*, **31**, 83-134.
28. Ruf F., 2010, Les Baoulé ne sont pas des oiseaux pour manger du riz, *Anthropology of food (Online)*, 7 |, December 2010.
29. Sangne C.Y., Barima Y.S.S., Bamba I. & N'Doumé C.-T. A., 2015, Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire), *Vertigo*, **15**, 3.
30. Siwe R.N. & Koch B., 2008, Change vector analysis to categorize land cover change processes using the tasseled cap as biophysical indicator. Description: Implementing Landsat TM and ETM+ to detect land cover and land use changes in the mount Cameroon region using the CVA technique with the tasseled cap as biophysical indicator, *Environ. Monit. Assess.*, **145**, 227 - 235.
31. Soro G., Ahoussi E.K., Kouadio E.K., Soro T.D., Oulare S., Saley M.B., Soro N. & Biemi J., 2014, 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), *Afr. Sci. Rev. Int. Sci. Technol.*, **10**, 146 - 160.

K.B. Kpanguié, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

T.A. Vroh, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire.

D. Kouamé, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

B.Z.B. Goné, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire.

B.J.-C. Koffi, Ivoirien, PhD, Maître de conférences, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

C.Y. Adou Yao, Ivoirien, PhD, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire.