

Partition du territoire et dynamique des végétations pendant la période de conflit en Côte d'Ivoire

I. Bamba^{1*}, Y.S.S. Barima¹, Y.C. Sangne¹, J. Andrieu² & J.P. Assi-Kaudjhis³

Keywords: Political-military crisis- Partition of the country- Deforestation- Savanization- Côte d'Ivoire

Résumé

La crise politico-militaire déclenchée en Côte d'Ivoire en septembre 2002 a entraîné une partition du pays en deux entités militaires et administratives distinctes. Le Sud est resté sous autorité gouvernementale quand le Nord du pays était sous la gestion d'une rébellion armée; les deux entités étant séparées par la zone dite tampon. Outre les répercussions sur les populations, cette crise a entraîné des perturbations des paysages. La présente étude a consisté à mettre en évidence la dynamique spatio-temporelle des parcs nationaux et forêts classées présents dans chacune des trois zones de découpage du pays entre 2002 et 2013. Les cartes d'occupation du sol ont été réalisées au début et à la fin des conflits. Un indice de perturbation anthropique a quantifié les perturbations intervenues dans les trois différents milieux. Les résultats ont montré que l'impact de la crise a été plus accentué dans les formations appartenant aux zones forestières que dans les zones savanicoles. Suivant le découpage territorial issu de la crise, c'est la zone dite tampon qui a été la plus perturbée. De plus, ce sont les formations situées dans le centre-ouest, zone de forte production de cacao qui ont subi les plus fortes perturbations.

Summary

Country Partition and Vegetations Dynamics During the Period of Conflict in Côte d'Ivoire

The political-military crisis in Côte d'Ivoire started in September 2002 led to a partition of the country into two distinct military and administrative entities. The South remained under governmental control when the north of the country was under the management of an armed rebellion; these two entities being separated by the so-called buffer zone. Apart from the repercussions on the population, this crisis has led to disturbances in the landscape. The present study consisted of highlighting the spatio-temporal dynamics of the national parks and classified forests located in each of the three cutting zones of the country between 2002 and 2013. The land use maps were made at the beginning and at the end of conflicts. An anthropogenic disturbance index quantified the disturbances in the different settings. The results showed that the impact of the crisis was more pronounced in the formations belonging to the forest areas than in the savannah zones. According to the territorial division resulting from the crisis, it was the so-called buffer zone which was the most disturbed. Moreover, the formations located in the centre-west, zone of high cocoa production, have suffered the most severe disturbances.

¹Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

²Université de Nice Sophia antipolis, UMR 7300 Espace, Nice, France.

³Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant: Email: bambisso@yahoo.fr

Introduction

La problématique des conflits armés et leurs liens à l'environnement n'a cessé de faire, ces deux dernières décennies, l'objet d'une grande préoccupation tant de la part de la communauté des scientifiques, des économistes, des juristes, des spécialistes en environnement que de celle des organisations et institutions dédiées au développement (15).

Le continent africain est souvent désigné comme la région du monde la plus affectée par les luttes armées ou les crises politiques porteuses de germes de guerre (4). En 2002, 32 pays sur 45 étaient en guerre ou livrés à des bandes armées (9). Ces conflits ont des conséquences non seulement sur les conditions de vie des populations entraînant le déplacement de personnes mais aussi sur le paysage par le changement dans les modes d'utilisation et de gestion des terres. Les conflits exacerbent des problèmes environnementaux déjà préoccupants tels que les pratiques agricoles inappropriées, la déforestation, la désertification, la sécheresse, l'érosion et la perte de la fertilité des sols, les changements climatiques, la baisse du niveau des cours d'eau, la disparition de la faune sauvage (16). En plus, il a été démontré que les conflits armés sont source de dégradations de la biodiversité notamment dans ses dimensions écosystémique et spécifique (17, 27).

L'État de Côte d'Ivoire, conscient de la nécessité de sauvegarder une partie de son patrimoine forestier avait mis en place un réseau de parcs et réserves couvrant près de 10% de son territoire (22; 23; 29 et 14). Malheureusement, ce pays a connu une décennie de troubles socio-politiques déclenchée en septembre 2002. Ce conflit a généré des interruptions des actions de conservation de la forêt et de façon plus générale, a créé des secteurs où localement, les lois nationales n'ont pas pu être respectées. Ainsi, pendant une décennie, l'absence des structures de gestion de ces aires aurait favorisé l'infiltration de populations paysannes et l'exploitation de ces forêts et parcs nationaux protégés (30).

La présente étude s'attèlera de mettre en évidence à travers la cinématique des formations végétales naturelles, l'impact de la partition du territoire sur les aires protégées pendant la période de conflit en Côte d'Ivoire. Les aires protégées étudiées ont été choisies de sorte à représenter la diversité des situations à savoir être présents dans les différentes régions phytogéographiques et aussi dans chacune des zones de la division politique décrite ci-dessus. Il s'agit, de façon plus spécifique, d'élaborer les cartes d'occupation du sol avant et après la crise et comparer les cinématiques des aires protégées pour tester l'hypothèse que la crise militaro-politique a accentué la dégradation et la dépréciation des aires protégées et cela de façon variable dans les différentes régions de Côte d'Ivoire.

Données et méthodologie

Présentation de la zone d'étude

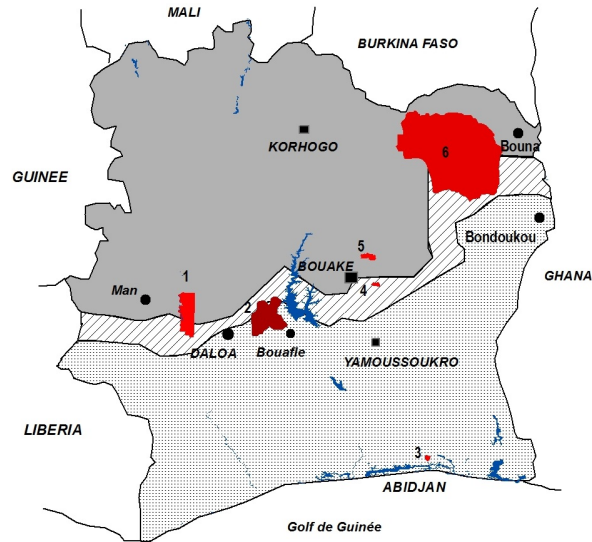
La zone d'étude est un ensemble de forêts classées et parcs nationaux, propriétés dominiales de l'Etat de Côte d'Ivoire. Ce sont au total six espaces protégés qui ont été retenus (Figure 1). Il s'agit de trois parcs nationaux gérés par l'Office Ivoirien des parcs et réserves (OIPR) et de trois forêts classées dont la gestion est assurée par la Société d'exploitation forestière (SODEFOR). Ces espaces protégés sont:

- la Forêt Classée du Hautassandra (101 000 ha),
- le Parc National de la Marahoué (101 000 ha),
- le Parc National du Banco (3 420 ha),
- la Forêt Classée de Soungourou (5 120 ha),
- la Forêt Classée de Mafa (13 262 ha) et
- le parc National de la Comoé (1 149 450 ha).

Suite à la crise politico-militaire déclenchée en 2002, le pays ayant été coupé en deux parties, une zone tampon a été délimitée par les forces de maintien de paix afin d'éviter le contact entre les deux belligérants. Le territoire national a été ainsi subdivisé en trois zones (Figure 1): une zone sous contrôle gouvernementale (A), une zone sous contrôle des forces rebelles (C) et la zone tampon (B).

Dans le cadre de cette étude, les aires protégées ont été choisies en fonction de leur localisation phytogéographique mais aussi de leur positionnement par rapport à la partition du pays. Ainsi, suivant la partition du pays, les formations choisies sont localisées de la manière suivante : une intégralement au sud-est, dans la zone sous autorité gouvernementale (Parc National du Banco (PNB)), une au centre-est, entièrement dans la zone tampon (Forêt Classée de Soungourou), une au centre-est, intégralement dans la zone sous contrôle de la rébellion (Forêt Classée de Mafa). Trois autres espaces protégés situés dans la zone tampon mais dont une portion se trouve soit dans dans la zone gouvernementale (Parc National de la Marahoué, centre-ouest) soit dans la zone sous contrôle rebelle (Forêt Classée du Hautassandra au centre-ouest et parc national de la comoé au nord-est) ont également été pris en compte.

Ensuite, selon leur localisation dans le découpage phytogéographique du pays (2), le Parc National du Banco (PNB) et la Forêt Classée du Hautassandra (FCHS) sont situés dans le domaine guinéen où la végétation dominante est la forêt dense, pendant que les formations du centre (Forêts Classées de Soungourou et de la Mafa) et le parc national de la Comoé sont dans le domaine soudanais, surtout dominé par la savane. Le Parc National de la Marahoué (PNM) est à cheval sur la limite séparant la savane soudano-guinéenne de la forêt dense humide. La végétation du PNM est donc une mosaïque de forêts et de savanes.



1- Forêt Classée du Haut Sassandra (FCHS), 2- Parc National de la Marahoué (PNM), 3- Parc National du Banco (PNB), 4- Forêt Classée de Soungourou, 5- Forêt Classée de la Mafa, 6- Parc National de la Comoé. Suivant le découpage orchestré par la crise, A= zone sous contrôle des autorités gouvernementales, B= zone de confiance ou zone tampon sans contrôle politique et C= zone sous contrôle de la rébellion.

Figure 1: Localisation des forêts de la zones d'étude.

Tableau 1
Caractéristiques des différentes images satellites utilisées.

Noms	N°	Dates	Scène ID	Sensor Resolution (m)
FC Haut Sassandra	1	13/12/02	LE71980552002347EDC00	Landsat 7 ETM+ 30
	2	19/12/13	LC81980552013353LGN00	Landsat 8 OLI TIRS 30
PN Marahoué	1	20/01/02	ELP197R055_7T20020120	Landsat 7 ETM+ 30
	2	05/02/15	LC81970552015048LGN00	Landsat 8 OLI TIRS 30
PN Banco	1	12/01/02	SCENE 1 052-339 02/01/12	Spot 4 HRV2, 20
	2	04/01/13	SCENE 5 052-339/1 13/01/04	Spot 5 HRG
FC Soungourou	1	13/01/02	LE71960552002013EDC00	Landsat 7 ETM+ 30
	2	21/12/13	LC81960552013355LGN00	Landsat 8 OLI TIRS 30
FC Mafa	1	13/01/02	LE71960552002013EDC00	Landsat 7 ETM+ 30
	2	21/12/13	LC81960552013355LGN00	Landsat 8 OLI TIRS 30
PN Comoé	1	29/01/02	LE71960542002029EDC00	Landsat 7 ETM+ 30
	2	23/02/14	LC81960542014054LGN00	Landsat 8 OLI TIRS 30

Données

Dans l'optique d'étudier la cinématique des formations végétales, des images satellitaires ont été utilisées (Tableau 1). Les images ont été choisies de sorte à prendre en compte l'année du début de la crise (2002) et après la fin de la crise (2012-2013). L'on a également eu recours à des données additionnelles telles que les fichiers de formes (Shapefiles) illustrant les limites et contours des forêts et parcs et des cours d'eau, issus du centre de cartographie et de télédétection (CCT) du BNETD (Bureau National d'Etude Technique et du Développement). Les logiciels ENVI 4.4 et ArcGIS 10.1 ont été utilisés pour le traitement des images de télédétection, les analyses cartographiques et la détection du changement.

Méthodologie

Traitements des images

Toutes les images acquises avaient déjà subi un prétraitement avec des corrections radiométriques et géométriques avant leur mise en ligne sur le site de téléchargement (35). La principale opération effectuée a donc été l'extraction des zones d'étude. Pour cela, les limites des forêts et parcs ont été utilisées pour délimiter la scène sur les images. Ensuite une composition colorée en fausses couleurs a été réalisée pour chacune des dates retenues. Elle a nécessité dans le cas des images Spot et Landsat 7, l'utilisation des canaux de l'infrarouge, du rouge et du vert. Dans les cas des images Landsat 8, les canaux OLI5 (proche infrarouge), OLI6 et 7 (moyen infrarouge), qui, exploitant les couleurs primaires Rouge-Vert-Bleu ont l'avantage de mettre en évidence les formations végétales riches en ligneux en rouge-grenat. Les images ont par la suite subi un prétraitement par amélioration des contrastes grâce à la fonction Stretch du logiciel ENVI 4.4. Le but du rehaussement radiométrique est d'améliorer l'interprétation visuelle en augmentant la qualité visuelle (contraste) de l'image (41, 45). A l'issue de l'interprétation des compositions colorées et avec l'aide des données cartographiques, des zones d'entraînement ont été définies puis validées grâce aux visites de terrain. Les signatures spectrales et la connaissance du terrain ont été utilisées pour valider les zones d'entraînement des images de 2002. La classification supervisée a été utilisée dans la présente étude. C'est l'algorithme du « maximum de vraisemblance » couramment utilisé pour sa performance dans la production des cartes thématiques dans le domaine de l'occupation du sol qui a été retenu. Il utilise les statistiques des sites d'entraînement pour calculer la probabilité d'appartenance de chaque pixel à l'une des classes prédéfinies (11, 26).

Classification et productions des cartes

La mise en œuvre d'une classification est le traitement numérique d'informations en vue d'aboutir à la définition de classes d'occupation du sol. Au final, pour les besoins de l'étude, six classes d'occupation du sol ont été retenues. Il s'agit de la classe «Forêts» qui regroupe toutes les formations végétales arborées primaire ou secondaire, de la classe «cultures et jachères» qui regroupe les zones agricoles, ainsi que les jeunes et vieilles jachères, la classe «sols nus et habitats» regroupant les localités, agglomérations et sols dénudés, la classe «savanes» qui regroupe l'ensemble des savanes et aussi des forêts claires peu densément arborées et enfin la classe «eau». A ces classes s'ajoute une classe spécifique aux forêts classées du centre à savoir la classe «teckeraie».

Pour améliorer le rendu de la classification, un filtre de dimension 3x3 a été réalisé à partir de l'outil Spatial Analysis Tools (Majority/Minority Analysis) du logiciel ENVI 4.4. La qualité de la classification a été évaluée au moyen de la matrice de confusion grâce à la valeur de la précision globale mais aussi du coefficient de Kappa (1). Les traitements post-classifications se sont achevés par la conversion des images en fichiers de formes (shapefiles) et leur importation dans le logiciel ArcGIS 10.1 en vue non seulement de la production des cartes thématiques annotées et légendées mais aussi la mise en évidence des différents changements opérés dans les cartes d'occupation du sol pendant la période de crise.

Analyse de la cinématique des paysages

Pour chacune des formations végétales, les deux images issues de la classification ont constitué la base pour la détection des changements d'occupation du sol. Pour cela, l'une des techniques utilisées est la matrice de transition (5, 40). Cette technique permet de mettre en évidence la variation de l'occupation du sol des différentes scènes, mais aussi de voir les flux d'affectation entre les différentes classes d'occupation du sol pendant la période de crise.

D'autres préoccupations étaient d'évaluer la dynamique ou taux d'affectation des classes et aussi les taux d'anthropisation dans les différentes zones issues de la partition du pays. Pour la mesure du taux d'anthropisation, c'est l'indice de perturbation (U) qui a été utilisé (31). Il représente le rapport entre l'aire totale des classes dites anthropiques (ici, dans le cadre de notre étude, ce sont les cultures et jachères et/ou teckeraies, sols nus et habitats) dans le paysage et l'aire totale occupée par les classes naturelles ou jugées comme très faiblement anthropisées (ici, ce sont forêts et savanes). Lorsque $U > 1$, le paysage est dit perturbé car dominé par les formations anthropiques.

Par contre quand $U=1$, cela montre que le paysage est dominé par les formations naturelles (25, 31). Les valeurs et variation relative de cet indice obtenues dans les portions des forêts et parcs situées dans chacune des trois zones politiques (A, B ou C) ou régions géographiques (Est, Ouest) nous permettront de savoir leur niveau de perturbation pendant la période de crise.

Résultats et discussion

Résultats

Cartographie des paysages et qualités de la classification

Le traitement cartographique nous a permis d'aboutir à la production des différentes cartes d'occupation du sol en 2002 (début de la crise) et après la fin de la crise pour chacune des zones choisies (Figures 2). Les classes retenues pour cette étude sont celles qui permettent de mieux mettre en évidence l'impact de la période de crise sur l'occupation du sol. Ainsi ces classes, variant suivant les végétations types du milieu sont nommées comme suit: "Forêts" qui regroupe souvent forêts et galeries forestières, "Savanes" dans les zones Centre et Nord du pays, "Cultures et jachères", "Teckeraies", "Sols nus et habitats".

A l'issue des classifications, la matrice de confusion donne des valeurs respectivement supérieures à 80% pour la précision globale et 0,70 pour le coefficient de kappa (Tableau 2).

Evolution paysagère

Les proportions des classes d'occupation du sol (%) dans les paysages permettent de constater des évolutions différentes durant la période d'étude (Figure 3). Dans les zones du centre ouest (forestières), l'on assiste à un recul des classes forestières correspondant à une augmentation des superficies de cultures et jachères (FCHS, PN Marahoué). Dans les zones savaniques du centre et nord-est, on observe un regain de superficie de forêt (FC Soungourou, FC Mafa, PN Comoé). Dans le PN Banco, il n'y a pratiquement pas de changement majeur dans les classes d'occupation du sol.

Cinématique de l'occupation du sol dans les paysages

La matrice de transition a permis de calculer les flux nets entre les classes. Ce flux net entre deux classes correspond à la différence entre les proportions du paysage perdu par une classe d'occupation en faveur de l'autre et celle obtenue en sa faveur. Ainsi, les valeurs indiquées correspondent à la différence de proportion (%) du paysage affectée entre deux classes d'occupation du sol pendant la période de crise (Figure 4).

Dans le Parc national du Banco, il y a eu une stabilité en terme de flux net entre les deux classes forestières dans ce parc pendant la période de conflit; les deux classes ont donné et repris à chacune la même proportion de paysage. Par contre, c'est la classe "sols nus" a enregistré un gain de superficie (soit 0,4% du paysage).

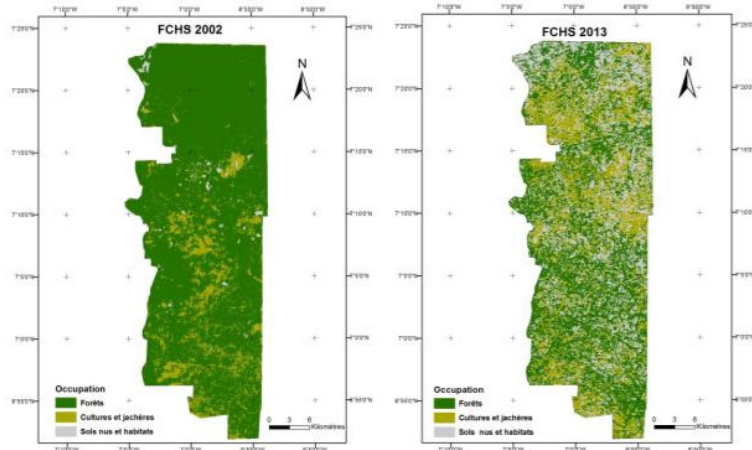
Dans la Forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS), l'on constate un gain très important de superficie au niveau de la classe "Culture et jachère". Ce gain se fait principalement au détriment de la classe "Forêt dense". En terme de flux net entre ces deux classes, la classe "Forêt dense" qui constituait la matrice du paysage en 2002, a perdu plus de 52% de la superficie qu'elle occupait dans le paysage au profit des "Culture et jachère". Dans le parc national de la Marahoué, les flux indiquent aussi une augmentation de cette même classe mais avec cette fois, une légère expansion des savanes.

Dans le Parc National de la Comoé, l'on a constaté une extension de la classe "Savane". Cette dernière classe est la principale bénéficiaire des surfaces perdues par les classes "forêts" mais aussi "Sols nus". Dans les deux forêts classées de Soungourou et Mafa, le flux est surtout en faveur de la classe "Forêts".

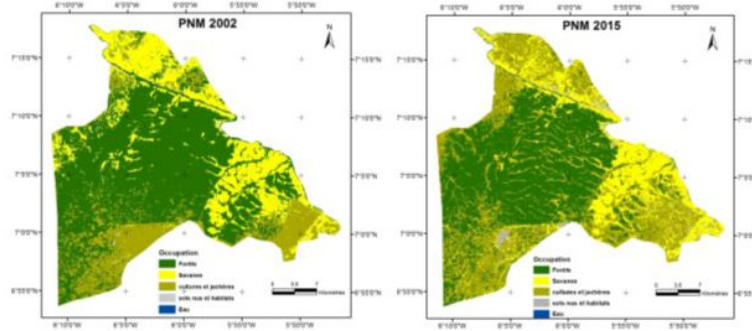
Tableau 2
Récapitulatif des mesures illustrant la qualité de la précision pour chacune des images classifiées.

	FCHS	PNM	PN Banco	FC Soungourou	FC Mafa	PN Comoé
	2013	2015	2013	2013	2013	2014
Précision globale	96,3	85,3	98,1	80,5	87,1	91,5
Coefficient de Kappa	0,95	0,81	0,97	0,73	0,81	0,89

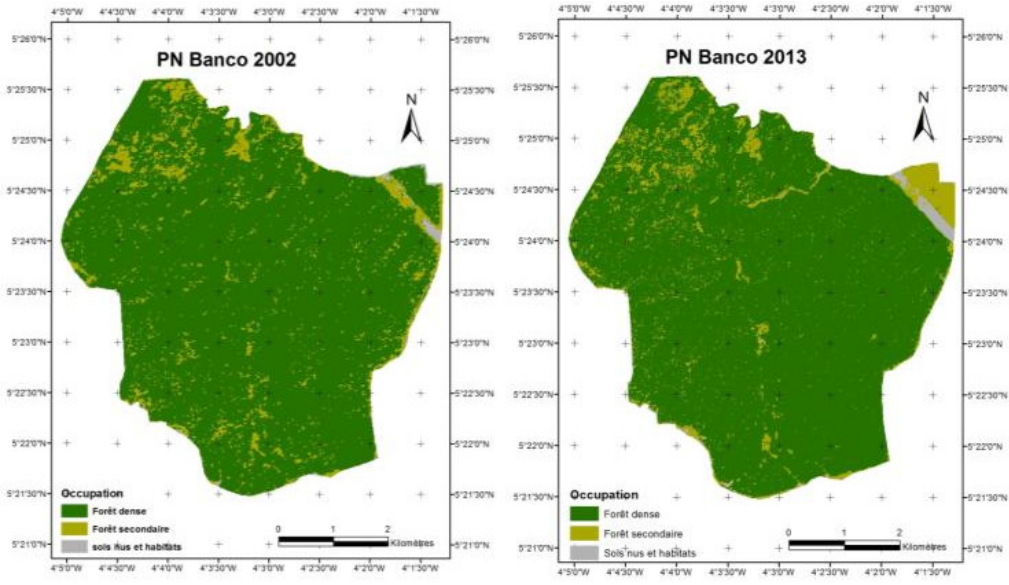
2A



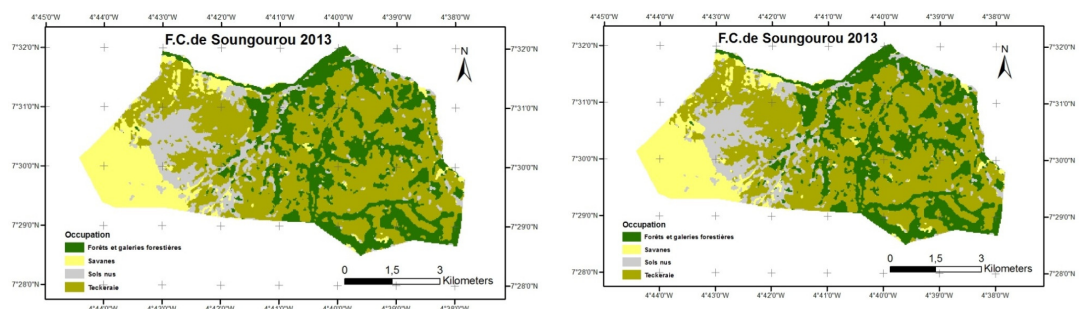
2B



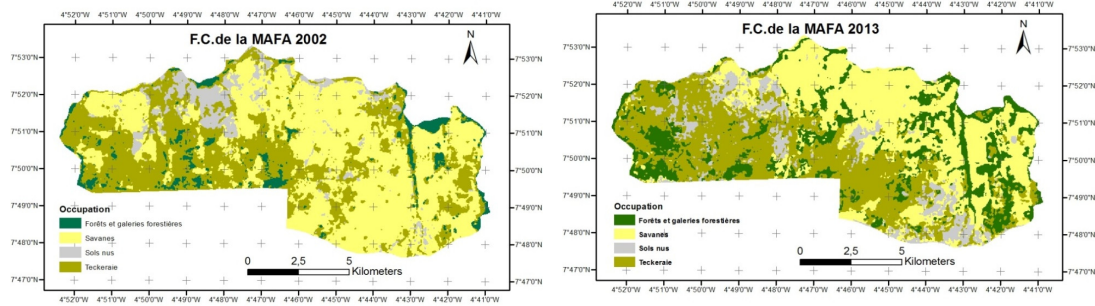
2C



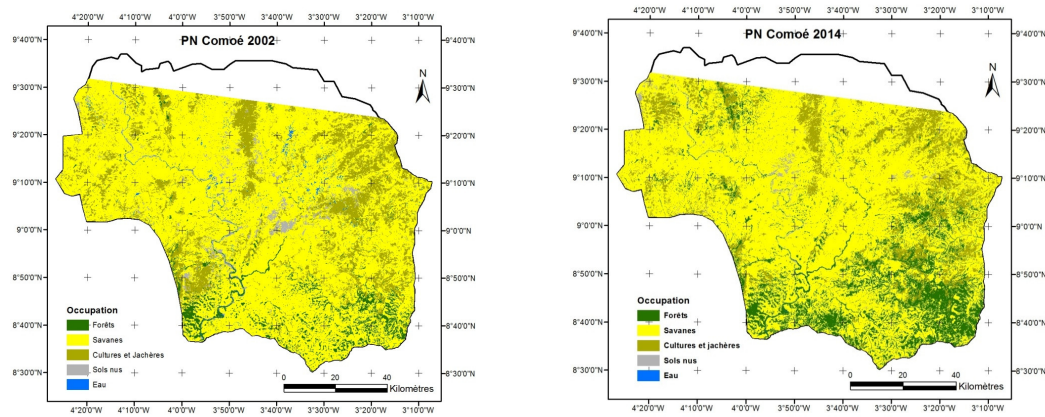
2D



2E



2F



2-A: Forêt classée du Haut sasandra; 2-B: Parc national de la Marahoué; 2-C: Parc national du Banco; 2-D: Forêt classée de Soungourou; 2-E: Forêt classée de la Mafa; 2-F: Parc national de la Comoé.

Figure 2: Cartes d'occupation du sol des différents paysages au début (2002) et à la fin de la crise.

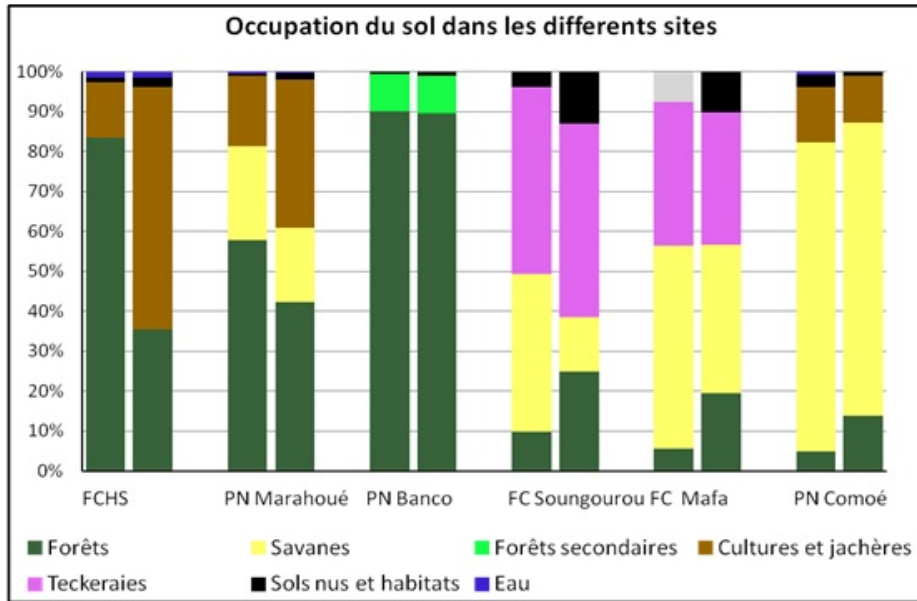


Figure 3: Histogrammes empilés des proportions d'occupation du sol dans chacun des paysages des aires protégées au début et à la fin de la crise.

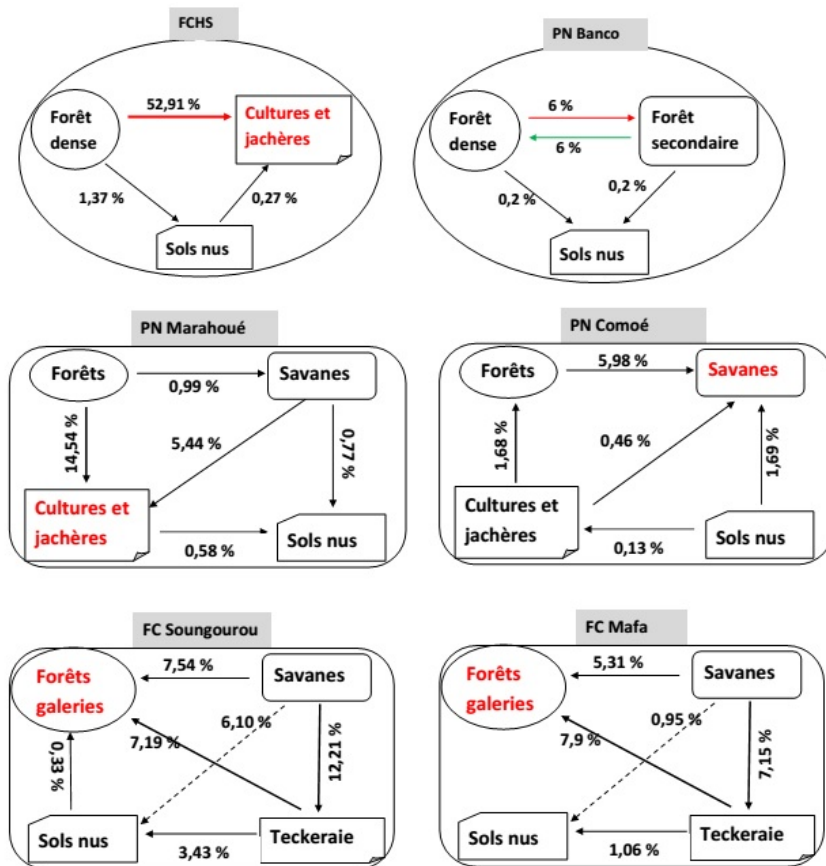


Figure 4: Flux nets des différentes classes d'occupation du sol dans les différentes formations végétales.

Tableau 3

Valeurs de l'indice de perturbation par zones et par formations avant et après la crise (A) et variation relative de cet indice pendant la période du conflit et par régions (B).

A	FCHS		PNM		PN Banco		FC Soungourou		FC Mafa		PN Comoé	
	2002	2013	2002	2015	2002	2013	2002	2013	2002	2013	2002	2014
Zone A			0,22	0,65	0,11	0,11						
Zone B	0,24	0,9					1,03	1,6			0,21	0,1
Zone C	0,12	1,59							0,77	0,76	0,29	0,23

B	FCHS	PNM	PN Banco	FC Soungourou	FC Mafa	PN Comoé
	dU	dU	dU	dU	dU	dU
Zone A		1,95	0			
Zone B	2,75	11,7		0,55		-0,52
Zone C	12,25				0,1	-0,2
Régions	CENTRE-OUEST		SUD-EST	CENTRE		NORD-EST

Zone A: territoire sous contrôle des autorités gouvernementales; Zone B: zone tampon, zone de séparation entre les deux belligérants et gérée par les forces internationales; Zone C: territoire sous contrôle de la rébellion.

De ces constats, il apparaît après tout, l'existence de trois types de cinématiques correspondant à une division du pays en trois zones:

- une stabilité de l'occupation du sol au Sud-est;
- une progression de la forêt sur la savane au centre et au Nord;
- une progression de l'agriculture sur la forêt en zone centre-ouest.

Partition du territoire et Perturbation des paysages

L'indice de perturbation (U) a été calculé pour chaque paysage avant et après la crise de même que la variation relative de cet indice pendant la période du conflit dans chacune des zones issues du découpage du territoire (Tableau 3 A et B). L'on constate que les valeurs de l'indice U sont variables en fonction des zones et suivant les formations végétales considérées.

Les valeurs de l'indice de perturbation (U) dans la zone A (sous contrôle gouvernemental) varient entre 0,11 et 0,65 (Tableau 3 A); elles sont donc toutes en dessous de 1 indiquant une faible perturbation. La plus petite valeur (0,11) de U est observée dans le PN Banco qui est la seule formation intégralement présente dans la zone A. Ce parc n'a pas connu de variation de U entre le début et la fin du conflit, il a donc été très peu perturbé durant le conflit. Le PN Marahoué, quant à lui a une partie de sa superficie dans la zone A et une partie dans la zone B (zone tampon). Les valeurs de U montrent que ce parc est encore plus perturbé à la fin de la crise, qu'il ne l'était en 2002. En plus, la valeur de U , qui pourtant était la plus faible de toutes dans la zone B, enregistre à la fin de la crise la plus grande variation pour atteindre 2,16; cela denote que le PN Marahoué a subi une forte perturbation dans la zone B pendant la crise. Par ailleurs, dans cette même zone, ce qui est remarquable, c'est la diminution des perturbations observées dans le PN Comoé, qui enregistre la plus faible valeur de U à la fin de la crise.

Dans la zone C (sous contrôle de la rébellion), c'est dans la FCHS que la plus forte augmentation de la perturbation a été observée, passant de 0,12 à 1,59 soit une augmentation de plus de 12 fois sa valeur initiale du début de la crise. Dans la FC de Mafa, U est restée plus ou moins stable et a même diminué dans le PN Comoé.

La variation relative de U (Tableau 3 B) par rapport à l'année du début de la guerre en 2002 montre aussi bien cette tendance de zonation de la perturbation. En effet, les valeurs de la variation de U sont plus élevées dans le PN Marahoué et la FCHS indépendamment de la partition pendant que pour les autres aires protégées, ce sont celles de la zone tampon qui ont connu les variations les plus fortes de cet indice de perturbation durant la décennie du conflit. Les valeurs négatives de cette variation observées dans le PN Comoé confirment la diminution de la perturbation dans ce parc durant la période considérée.

Discussion

Classification et Cartographie de l'occupation du sol

La télédétection constitue à ce jour le moyen privilégié dans l'élaboration de la cartographie et le suivi de l'évolution de paysages naturels (10, 49). Grâce aux images satellites, nous avons pu par les techniques de traitements cartographiques, établir les cartes d'occupation du sol des zones d'études. L'un des éléments importants a été le choix des classes d'occupation du sol. En effet, vu que les milieux d'études sont très divers, il était nécessaire d'harmoniser les noms des classes dans l'ensemble des cartes et surtout de simplifier la classification en choisissant les classes qui sont dominantes dans le paysage et qui dénotent de l'action humaine. Ainsi, deux grands critères ont été utilisés pour la définition des classes d'occupation du sol.

D'abord les classes représentant les végétations naturelles caractéristiques de chaque zone ont été choisies. Ce sont "forêts", en zone forestière, "savanes" en zones savaniques et aussi la classe "eau" pour les cours d'eau naturels. Ensuite les classes d'occupation du sol dites anthropiques, les plus perceptibles dans le milieu ont été choisies. Ce sont surtout les "sols nus et habitats" qui pour la plupart résultent des traces d'activités humaines telles que l'installation de campements ou l'impact du feu. Il y a aussi la classe "cultures et jachères" qui illustre l'activité principale des populations de ces zones rurales utilisant pour la plupart encore des techniques agricoles archaïques de brûlis itinérants (slash and burn) très dévastatrices de terres (5, 13, 20).

L'application rigoureuse de la méthode de classification du maximum de vraisemblance et le choix des zones d'entraînements nous ont permis d'obtenir des cartes avec de précisions globales au-delà de 80% et des coefficients de Kappa entre 0,73 et 0,97. Ces dernières valeurs, proches de 1 traduisent de la bonne performance de la classification et de la qualité des cartes qui sont produites. En effet, plus les valeurs tendent vers 1, plus les cartes sont considérées comme reflétant la réalité (21, 33). Ces grandes précisions cartographiques obtenues pourraient aussi être imputables au nombre réduit de classes utilisées et à la bonne définition de parcelles homogènes lors du choix des sites d'entraînement (12). Cependant, ces résultats ne nous font pas perdre de vue que lors de la détermination des zones d'entraînements, des confusions ont été révélées entre surtout les classes "sols nus et habitats" et "cultures et jachères". Mais c'est la connaissance du milieu et l'acquisition des données auxiliaires qui a permis l'amélioration de la qualité des traitements d'images (24, 48).

Mise en évidence des changements pendant la décennie de crise

La détection des changements d'occupation du sol est un processus fondé sur l'identification des différences d'état d'objets ou de phénomènes à travers des observations à des moments différents (42). La matrice de transition a permis grâce aux flux d'affectation de constater les différents transferts entre les classes d'occupation du sol. Cette méthode a déjà été utilisée par de nombreux auteurs pour mettre en évidence les changements de l'occupation du sol pour divers paysages aussi bien forestiers que savaniques (6, 7). Les cinématiques de l'occupation du sol observées durant la période considérée dans les formations diffèrent suivant les localisations phytogéographiques respectives.

En effet, en zone forestière, nous avons la forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS) et le Parc national du Banco. La FCHS a connu une réduction très importante de sa superficie forestière. Plus de la moitié du paysage (52 000 ha) a été convertie en "cultures et jachères". Cette forêt est un cas typique de déforestation observée en Côte d'Ivoire au cours de la dernière décennie (3, 8, 19, 39). De nombreuses études ont démontré que la période de crise a favorisé dans cet espace domaniale, un accroissement important de cultures de rente, principalement la cacao-culture (8). La technique et la vitesse de déforestation de ce massif sont impressionnantes de par la subtilité des acteurs (populations). En effet, contrairement aux habitudes de déforestation qui consistent à couper les arbres des bords des pistes vers l'intérieur, dans la FCHS,

des films de grands arbres restent alignés le long des routes donnant l'impression que la forêt est intacte alors qu'il suffit de franchir cette haie pour découvrir un paysage de désolation: des nombreux arbres morts sur pieds qui servent d'ombrage aux jeunes pousses de cacaoyers (8, 39).

Dans le Parc national du Banco, la cinématique révèle une certaine stabilité au niveau de l'occupation du sol pendant la décennie de crise. Les taux de forêts restent stables et il n'y a aucune proportion de zone agricole. Cependant, les vérités terrain ont révélé la présence de nombreux types de dégradation provenant de l'action des populations environnantes (37). Donc ce massif, bien qu'apparemment mieux conservé, connaît quand même une dégradation due à différents types de pollution provoqués par les activités humaines riveraines (38). Cela relance la différence entre déforestation et dégradation. Ainsi dans le PN Banco, certes aucune déforestation n'est observée mais il y existe des signes de dégradation avec la présence de déchets plastiques, chimiques, domestiques et même d'eaux de ruissellement (3; 37).

Dans le Parc national de la Marahoué situé en zone de transition forêt-savane (14), le flux net indique comme dans la FCHS, une conversion des forêts en savanes et surtout en jachère et champs. Cette conversion des forêts en savanes avait déjà été signalée par Konan (18). Mais ce qui est remarquable ici, c'est la conversion des savanes en jachères et champs et aussi en sol nus indiquant la présence de nouveaux campements. Ce type de transfert a déjà été observé dans une zone de transition similaire au Bénin par Mama *et al.* (24).

Situés dans la région soudanienne, les forêts classées de la Mafa et de Soungourou et le parc national de la Comoé sont dominés par la savane. Les forêts classées de Mafa et de Soungourou ont connu une augmentation de forêts et galeries au détriment des teckeraies et des savanes.

Cela pourrait s'expliquer par une restauration des ligneux dans ces massifs. En effet, la restauration est la tendance d'une classe d'occupation de sol à évoluer vers un état plus favorable au retour de l'écosystème initial (32). Ici, le choix des teckeraies comme classe s'explique par la présence de grandes étendues de tecks (*Tectona grandis*) à différents endroits de ces forêts. C'est surtout dans la Forêt classée de Soungourou que les flux nets de conversion des savanes et des teckeraies vers les forêts galeries ont été les plus importants. Par ailleurs, dans le Parc national de la Comoé, l'on a assisté à une légère densification des îlots forestiers mais surtout un augmentation de la proportion de savanes. Le processus de savanisation issu des cultures et jachères et aussi des forêts a aussi été signalé comme dans le parc national de la Marahoué. Pendant les visites de terrain, la présence de l'impact de l'homme a été notée à plusieurs endroits avec les traces de carcasses d'animaux issus du braconnage de même que les traces de troupeaux de bétail (Photo 1). En effet, selon le PNUE (34), pendant la crise, la principale pression exercée sur ce parc provenait du braconnage intensif, du pâturage du bétail et des feux tardifs.

La scission du territoire comme facteur de dynamique du paysage

Le déclenchement de la crise en 2002 a entraîné une zonation du territoire ivoirien en fonction des forces présentes dans les différentes parties. Concrètement, le pays a été régi comme deux unités administratives distinctes, avec une zone tampon (zone de confiance) au milieu (34). Les résultats ont permis de dégager deux grands constats. La cinématique des formations étudiées est fonction non seulement du type principal de végétation présent mais aussi de la localisation de la formation végétale dans le nouveau découpage. Les formations les plus perturbées sont celles qui sont partiellement ou totalement situées dans la zone de confiance.



Photo 1: Présence de troupeau de boeufs et de carcasse de buffle dans le Parc National de la Comoéa.

En effet, cette zone n'était sous l'autorité d'aucune des deux forces en belligérance. La particularité de la crise en Côte d'Ivoire est la mise en place par les autorités rebelles d'une organisation administrative très bien structurée dans les zones qu'elles contrôlaient (28). Ainsi, autant dans la zone gouvernementale que dans la zone sous autorité de la rébellion, il existait une administration qui avait ses règles auxquelles la population devait s'en tenir. La zone de confiance faisant office de frontière était un genre de "no man's land" caractérisé par de forte migration et de déplacement de population. En effet, dynamisés par l'existence d'un territoire de « non droit», d'un réseau d'acteurs économiques (nouveaux et anciens) bien enracinés dans les échanges de proximité, des flux incessants de biens et de personnes se sont développés aux périphéries des différents territoires (28). Le déplacement massif des populations paysannes affectées par les affrontements entre les deux zones a favorisé la recrudescence des activités agricoles et de braconnage. Ces populations ont profité de la situation de conflit pour s'installer illégalement dans les aires protégées (46).

Par ailleurs, les forces impartiales commises par les nations unies pour la surveillance de ce territoire ne s'impliquent pas réellement dans la protection de l'environnement. Certains auteurs parlent même de l'irresponsabilité des forces onusiennes en matière d'atteinte à l'environnement en période de conflit (15). En effet, malgré la présence de ces forces, les dégradation et déforestation sont encore plus marquées dans la zone sous leur surveillance. Leur mandat étant l'interposition entre les deux belligérants, la passivité de ces forces à la question environnementale a favorisé l'infiltration des populations dans les aires protégées comme cela a été démontré au Nord de la forêt classée du Haut-Sassandra (3), à l'Est du Congo et dans bien de pays en conflits (43, 47).

Le Centre-ouest, principale zone de dégradation

Cependant, au-delà des constatations liées à la partition, un autre constat révélé par cette étude est la mise en avant de la particularité de deux aires protégées du centre-ouest comme les plus impactées durant la période de crise. En effet, la FCHS et le PN de la Marahoué ont connu les plus forts taux de perturbation et de pertes de surface forestière au profit des cultures. L'explication est liée à une particularité régionale du centre-ouest qui indépendamment du conflit, est connue comme l'une des zones de front de progression de la cacaoculture après la région du centre-est (44). En effet, la cacaoculture reste encore lié au système extensif donc fortement tributaire de la disponibilité de surfaces forestières disponibles.

Par conséquent, le front pionnier de la cacaoculture en Côte d'Ivoire, s'est plusieurs fois déplacé, partant du sud-est au centre-ouest avant d'être localisé aujourd'hui dans le sud-ouest du pays (44). Dans le contexte de survenance de la crise en 2002, le conflit a donc agi comme un catalyseur de la dynamique avec comme effet de «déclasser» les aires protégées qui étaient apparues comme les principales réserves foncières et forestières informelles (36).

Conclusion

La décennie de crise en Côte d'Ivoire a occasionné la partition du pays avec son corollaire d'impact sur les vécues des populations de part et d'autre de la ligne de front. Cette situation a aussi occasionné des changements d'occupation du sol dans les aires protégées. L'étude a permis de mettre en évidence que ce changement d'occupation du sol est plus accentué dans les formations végétales appartenant aux zones forestières que dans les zones savaniques.

En effet, dans les régions forestières, l'on a assisté à une régression des surfaces de forêt au profit des cultures et aussi des sols nus. En tenant compte du découpage territorial issu de la crise, c'est la zone dite tampon qui a connu la plus forte perturbation due à l'accroissement des flux de déplacements des populations, de l'absence d'une certaine autorité dans ces limites et la passivité des forces impartiales de l'ONU. L'étude a permis en outre de mettre en évidence que ce sont les aires protégées situées dans le centre-ouest qui ont subi les plus fortes perturbations. L'existence de ce front pionnier de déforestation plus accentué dans le centre-ouest est liée au fait que c'est une zone de forte production de cacao. Les aires protégées délaissées du fait de la crise vont ainsi être occupées par les populations pour y pratiquer cette culture au détriment des forêts. Au terme de cette étude, nous pouvons dire que la crise militaro-politique a accentué la dégradation et la dépréciation des aires protégées et d'autre part que cette dynamique observée dans l'occupation du sol s'est effectuée différemment dans les trois zones de subdivision du pays suivant une cause sous-jacente exacerbée (recherche de terres nouvelles pour la culture du cacao) par la situation de crise. Cette étude permet d'attirer l'attention sur des conséquences des crises sur l'environnement et surtout d'exhorter les forces impartiales à s'impliquer aussi dans le cadre de leur mandat de maintien de la paix au volet de protection et de gestion de l'environnement par la sensibilisation et financement de projets pouvant associer les populations des zones dites tampon.

Remerciements

La présente étude a été réalisée dans le cadre du projet D2PCPCI avec le soutien du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de Côte d'Ivoire dans le cadre de la mise en œuvre du Contrat de Désendettement et de Développement et l'appui technique de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD- France).

Références bibliographiques

1. Abdel-Kawi O.R., Rod J.K., Ismail H.A. & Suliman A.S., 2011, Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Appl. Geography*, **31**, 2, 483-494.
2. Adjahoun E. & Guillaumet J.L., 1971, La végétation de la Côte d'Ivoire, In J.M. Avenard *et al.*, Le milieu naturel de Côte d'Ivoire, Mémoire ORSTOM N°50.
3. 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. *IJISR*, **22**, 1, 123-133.
4. Ayissi A., 1994, Le défi de la sécurité régionale en Afrique après la guerre froide. Vers la diplomatie préventive et la sécurité collective. Travaux de recherche de l'UNIDIR, Genève N°27, p41.
5. Bamba I., Mama A., Neuba D.F.R., Koffi K.J., Traore D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. & Bogaert J., 2008, Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo central (R.D. Congo). *Sci. Nature*, **5**, 49-60.
6. Bamba I., 2010, *Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo*, Thèse unique de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 181 p.
7. Barima Y.S.S., 2009, *Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieux de transition forêt-savane dans le Département de Tanda (Côte d'Ivoire)*. Thèse de doctorat, Faculté Sciences Université libre de Bruxelles, Belgique.
8. 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). *GECCO*, **8**, 85-98.
9. Bolya D.B., 2002, *Afrique, le maillon faible*. Ed. Serpent à Plumes, France, 120 p.
10. Briggs N.A. & Sader S.A., 2009, Tracking forest change and development using low-cost remote sensing imagery and GIS integration. *N. J. Appli. Forestry*, **26**, 148-155.
11. Brou Yao T., Akindès F. & Bigot S., 2005, La variabilité climatique en Côte d'Ivoire: entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cah. Agr.*, **14**, 6, 533-540.
12. Caloz R., Collet C., 2001, Précis de télédétection. Volume 3: traitements numériques d'images de télédétection (Universités francophones). Québec, Canada, Presses Polytechniques du Québec, 368 p.
13. Corona R., Galicia L., Palacio-Prieto J.L., Bürgi M. & Hersperger A., 2016, "Local deforestation patterns and their driving forces of tropical dry forest in two municipalities in Southern Oaxaca, Mexico (1985-2006)", *Investigaciones Geográficas*, núm. 91, Instituto de Geografía, unam, México, pp. 86-104, dx.doi.org/10.14350/ig.50918.
14. Dibi H. N., Kouakou N. E., Egnankou W. M. & Affian K., 2008. Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire)". *Rev. Télédétection*, **8**, 1, 17-34.
15. Diekouam L.F., 2015, La protection de l'environnement en période de conflit armé, Harmattan Cameroun, 232 pages.
16. Dorsouma A.H. & Bouchard M.A., 2007, Conflits armés et environnement : cadre, modalités, méthodes et rôle de l'évaluation environnementale. In Revue.org. Développement durable et territoire, [En ligne]. <http://developpementdurable.revues.org/index3365.html>
17. FAO., 2005, Situation des forêts du monde 2005, Rome, 168 p.
18. Konan K.E., 2009, Diagnostic - analyse de l'environnement humain du Parc National de la Marahoué. *Rev. Geogr. Trop. Environ.*, **1**.
19. Kouakou K.A., Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Sangne Y. C., Bamba I. & Kouamé N.F., 2015, Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *J. Anim. Plant Sci.*, **26**, 2, 4058-4071.
20. Lambin E., Geist H. & Rindfuss R., 2006, Introduction: Local Processes with Global Impacts. In. Lambin. E.F. & Geist H. (Eds.): *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*, 41-70. Springer, Germany.
21. Landis J.R. & Koch G. G., 1977, The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometr.*, **33**, 159-74.
22. Lauginie F., Béligné V., Akindès F. & Poilecot P., 1995a, Monographie des réserves naturelles de Côte d'Ivoire. DDC/MINAGRA/WWF, Abidjan, 178 p.
23. Lauginie F., Béligné V., Akindès F. & Poilecot P., 1995b, Monographie des parcs nationaux de Côte d'Ivoire, DDC/MINAGRA/WWF, Abidjan, 125 p.,.
24. Mama A., Bamba I., Sinsin B., Bogaert J & De Cannière C., 2014, Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages de savanes forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Bois Forêts Trop.*, **322**, 4, 69-79.
25. Mama A., Sinsin B., De Cannière C. & Bogaert J., 2013, Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin, *Tropicicultura*, **31**, 1, 78-88.

26. Mas J.F., 2000, Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Can. J. Remote Sens*, **26**, 349-362.
27. Nackoney J., Molinario G., Potapov P., Turubanova S., Hansen M.C. & Furuichi T., 2014, Impacts of civil conflict on primary forest habitat in northern Democratic Republic of the Congo, 1990–2010. *Biol. Conserv.*, **170**, 321–328.
28. Nassa D.D.A., 2010, Les frontières nord de la Côte-d'Ivoire dans un contexte de crise. Les Cahiers d'Outre-Mer, 251 | Juillet-Septembre 2010. URL : <http://com.revues.org/6092>; DOI : 10.4000/com.6092
29. N'guessan K.E. & Dibi N.H., 2005, Caractérisation et cartographie par télédétection satellitaire de la végétation de la forêt classée de Bouaflé (Côte d'Ivoire). *Rev. Ivoirienne Sci. Technol.*, 161-172.
30. N'Guessan S.A., 2010, *Evaluation de la politique de protection forestière dominiale de la Côte d'Ivoire à partir d'outils géomatiques: cas du Parc National de la Marahoué*. Thèse de doctorat en sciences de l'Environnement, Université de Québec à Montréal, Canada.
31. O'Neill R.V., Krummel J.R., Gardner R.H., Sugihara G., Jackson B., De Angelis D.L., Milne B.T., Turner M.G., Zymunt B., Christensen S.W., Dale V.H. & Graham R.L., 1988, Indices of landscape pattern. *Landscape Ecol.*, **3**, 153-162.
32. Pafage, 2004, Le système d'information sur les forêts classées du Niger. Document technique, CESIA-IBIMET-DSCF, Niamey, 10 p.
33. Pontius R.G., 2000, Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Eng. Remote Sens.*, **66**, 8, 1011-1016.
34. Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2015, Côte d'Ivoire Évaluation environnementale post-conflit. http://postconflict.unep.ch/publications/Cote%20d'Ivoire/UNE_P_CDI_PCEA_FR.pdf
35. 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.
36. Ruf F : 2000. Déterminants sociaux et économiques de la replantation. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, **7**, 2, 189–196.
37. Sako N. & Beltrando G., 2014, Dynamiques spatiales récentes du Parc National du Banco (PNB) et stratégies de gestion communautaire durable de ses ressources forestières (District d'Abidjan en Côte d'Ivoire) , EchoGéo [Online], 30 | 2014, <http://echogeo.revues.org/13906>; DOI: 10.4000/echogeo.13906
38. Sako N., Beltrando G., Koffi A.K.L., Dibi N.H. & Brou T., 2013, Dynamique forestière et pression urbaine dans le Parc national du Banco (Abidjan, Côte d'Ivoire), *Vertigo*, **13**, 2 septembre 2013, mis en ligne le 06 octobre 2013
39. Sangne Y.C., Barima Y.S.S., Bamba I. & N'Doume C.T.A., 2015, Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire), *Vertigo*, **15**, 3, 1-18.
40. Schlaepfer R., 2002, Analyse de la dynamique du paysage. Fiche d'enseignement 4.2, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse.
41. Shalaby A. & Tateishi R., 2007, Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Appl. Geogr.*, **27**, 1, 28- 41.
42. Singh A., 1989, Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *Int. J. Remote Sens.*, **10**, 989–1003.
43. Smouts M. C., 2000, Un monde sans bois ni lois. La déforestation des pays tropicaux. *Critique Int.*, **9**, 1, 131-146.
44. Tano M., 2012, Conflits fonciers et stratégies de sécurisation foncière au Sud-ouest ivoirien. *B. Assoc. Geogr. Français*, **89**, 3, 486-498.
45. Tabopda W.G & Fotsing J-M., 2010, Quantification de l'évolution du couvert végétal dans la réserve forestière de Laf-Madjam au nord du Cameroun par télédétection satellitaire. *Sécheresse*, **21**, 3, 169-178.
46. Tapsoba P., 2006, Environnement-Côte d'Ivoire : Les parcs victimes de la crise politique et de l'infiltration. In Médiaterre. Environnement-Côte d'Ivoire : Les parcs victimes de la crise politique et de l'infiltration [En ligne], <http://www.mediaterre.org/afriqueouest/actu,20060104165505.html>
47. Trefon T., 2011, Gouvernance forestière au Congo: le règne de la corruption? *U4 Brief*, **17**, 1-4.
48. Trepanier I., Dubois J.M.M., Bonn F., 2002, Suivi de l'évolution du trait de côte à partir d'image HRV (XS) de SPOT: delta du fleuve Rouge, Viêt-Nam. *Int. J. Remote Sens.*, **23**, 5, 917-937.
49. Wang K., Franklin S.E., Guo X. & Cattet M., 2010, *Remote Sens. Ecology*, **3**, *Biodivers. Conserv.*: A Review from the Perspective of Remote Sensing Specialists. *Sensors*, **10**, 9647-9667; doi:10.3390/s1011096471.

I. Bamba, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

Y.S.S. Barima, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

Y.C. Sangne, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

J. Andrieu, Français, PhD, Enseignant-chercheur, Université de Nice Sophia antipolis, UMR 7300 Espace, Nice, France.

J.P. Assi-Kaudjhis, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire.