

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DES TERRES DANS LES FORETS CLASSEES DE SONGAN ET TAMIN, SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE

KANGAH Armand

Institut de Géographie Tropicale (IGT)

Laboratoire d'Etude des Milieux Naturels Anthropisés (LAMINAT)

Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan Côte d'Ivoire.

[a kangah@yahoo.fr](mailto:kangah@yahoo.fr)

RESUME

Le développement et l'essor des cultures du café et du cacao, principale source de revenus des populations a occasionné dans le Sud-est, une anthropisation massive de l'espace conduisant à une raréfaction des terres agricoles. Face à cette situation, la population riveraine des forêts classées de Songan et de Tamin n'hésite pas à les infiltrer pour y aménager des parcelles de cultures. La présente étude menée sur ces deux forêts classées, avait pour but d'évaluer les surfaces forestières à travers une analyse spatio-temporelle de l'occupation des terres. Ainsi, une classification dirigée pixel par pixel basée sur le maximum de vraisemblance a été appliquée à deux images satellitaires (Landsat TM et OLI8). Les images classifiées ont été vectorisées et exportées dans un logiciel de Système d'Information Géographique pour analyse et réalisations des cartes.

Les résultats obtenus ont révélé que le couvert forestier dans la forêt classée de Songan connaît une forte régression avec un taux de couverture forestière qui est passé de 82 % en 1989 à seulement 19 % en 2019, soit un taux de régression global de plus de 77 % sur la période représentant un taux de régression moyen annuel d'environ 5 %. Les formations forestières dans cette aire protégée ont presque toutes été remplacées par les cultures pérennes.

Au niveau de la forêt classée de Tamin, la situation n'est pas non plus reluisante même s'ils y subsistent encore des ilots de forêts au milieu des cultures. Le taux de couverture forestière dans cette aire protégée est passé de 77 % en 1989 à 53 % environ en 2019, soit un taux de régression global de plus de 31 % en 30 ans représentant un taux de régression moyen annuel de 1,25 %.

Ainsi, la raréfaction de la rente forestière et l'intensification des activités agricoles autour des forêts classées de Songan et de Tamin ont entraîné une déforestation de ces dernières au profit des surfaces agricoles.

Mots clés : occupation des terres, déforestation, Forêt classée de Songan et de Tamin, Sud-Est de la Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Spatio-temporal dynamics of land occupation in the classified forests of Songan and Tamin, south-eastern Côte d'Ivoire

The development and growth of coffee and cocoa crops, the main source of income for the populations, has caused in the South-East, a massive anthropization of the space leading to a scarcity of agricultural land. Faced with this situation, the local population of the classified forests of Songan and Tamin does not hesitate to infiltrate them to develop plots of crops. The present study carried out on these two classified forests, aimed to evaluate the forest surfaces through a spatio-temporal analysis of the land occupation. Thus, a pixel-by-pixel directed classification based on maximum likelihood was applied to two satellite images (Landsat TM and OLI8). The classified images were vectorized and exported to Geographic Information System software for analysis and map production.

The results obtained revealed that the forest cover in the classified forest of Songan is experiencing a strong regression with a forest cover rate which fell from 82% in 1989 to only 19% in 2019, an overall regression rate of more than 77% over the period representing an average annual regression rate of approximately 5%. The forest formations in this protected area have almost all been replaced by perennial crops.

At the level of the classified forest of Tamin, the situation is not good either, even if there are still islands of forest in the middle of the crops. The forest cover rate in this protected area fell from 77% in 1989 to approximately 53% in 2019, an overall regression rate of more than 31% in 30 years representing an average annual regression rate of 1.25%.

Thus, the scarcity of forest revenue and the intensification of agricultural activities around the classified forests of Songan and Tamin have led to deforestation of the latter in favor of agricultural land.

Keywords: *land occupation, deforestation, Songan and Tamin Classified Forest, south-eastern Côte d'Ivoire.*

INTRODUCTION

Le développement économique de la Côte d'Ivoire s'est longtemps reposé sur l'agriculture d'exportation en particulier le binôme café-cacao (Kangah *et al.*, 2015). Ce choix économique des dirigeants de l'époque d'après l'indépendance a occasionné une course effrénée de la population à la terre pourvoyeuse de richesse. L'emploi d'une main d'œuvre très abondante dans le souci d'un accroissement et d'une extension des cultures de rente a eu des conséquences néfastes sur le couvert forestier Ivoirien. Selon Yedmel (2004),

toutes les études menées sur la déforestation dans les pays tropicaux ont conclu que la Côte d'Ivoire a l'un des taux de déboisement les plus rapides au monde (6% / an). Selon plusieurs auteurs (Léonard *et al.*, 1994 ; Kouamé *et al.*, 1998 ; Lauginie, 2007 ; N'guessan *et al.*, 2006 ; Brou *et al.*, 2005) la couverture forestière est passée de 16 millions d'hectares à l'indépendance à moins de 2 millions actuellement. Cette déforestation est tellement alarmante qu'elle a atteint les aires protégées. À cet effet, N'guessan *et al.* (2006) font savoir que les limites de la majorité des aires protégées (forêts classées) tracées depuis plusieurs années grâce à des couvertures aériennes ne correspondent plus aujourd'hui à ce qu'elles étaient il y a 10, 30 ou 50 ans. Lauginie (2007) révèle également que sous l'effet de la pression anthropique, plusieurs d'entre elles ont disparu et les quelques rares qui subsistent encore sont gravement menacées.

L'agriculture extensive demeure ainsi de très loin la principale cause de dégradation et du recul du couvert forestier ivoirien et aucune région forestière n'est épargnée, dont le Sud-Est ivoirien. Selon Mafou (2013) et Akadjé *et al.* (2014) le couvert forestier dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire est en forte régression du fait des activités anthropiques, notamment l'agriculture.

En effet, c'est dans le Sud Est que furent créées les premières plantations de café et de cacao par les colons français Verdier et Brétignière à la fin du 19^e siècle (Dian, 1978). L'intérêt suscité par la population pour ces cultures a occasionné une forte anthropisation des terres et une transformation des paysages forestiers (Kangah *et al.*, 2015). En outre, la diversification des cultures d'exportations par la diffusion de nouvelles cultures de rente comme le palmier à huile et l'hévéa a davantage accentué l'anthropisation des terres avec pour conséquence, une régression des formations forestières qui n'existent désormais que sous-forme d'îlots. Selon Kangah *et al.*, (2015), elles ont presque partout été remplacées par les cultures de rente et que le Sud-est ivoirien serait sous la menace d'une saturation des terres consécutive à l'augmentation de la population rurale et à la diversification des cultures d'exportations (café, cacao, palmier à huile, hévéa).

Face à cette situation d'épuisement des sols et de rareté de la rente forestière, les paysans se dirigent de plus en plus vers les aires protégées, considérées comme des terres fertiles propices à l'agriculture. C'est le cas des forêts classées de Tanin et de Songan qui sont l'objet de beaucoup de convoitise de la part des populations riveraines qui n'hésitent pas à les coloniser pour établir des parcelles de cultures. Cette attitude des populations riveraines est inquiétante quant au devenir de ces deux aires protégées. A cet effet, se référant à Konan *et al.* (2016) qui font savoir que les actions des populations riveraines sur les espaces protégés entraînent chaque année la

disparition de plusieurs milliers d'hectares de forêt, il est nécessaire de se demander : comment les unités d'occupation des terres des aires protégées de Songan et de Tamin ont-ils évolués ces dernières années ?

La présente étude se fixe comme objectif, d'étudier l'évolution des surfaces forestières de ces deux aires protégées. De façon spécifique, il s'agira, dans un premier temps, de produire des cartes d'occupation du sol en 1989 et en 2019 de ces deux forêts et de leurs environs immédiats, ensuite dans un deuxième temps, d'analyser les changements opérés dans l'occupation des terres entre 1989 et 2019.

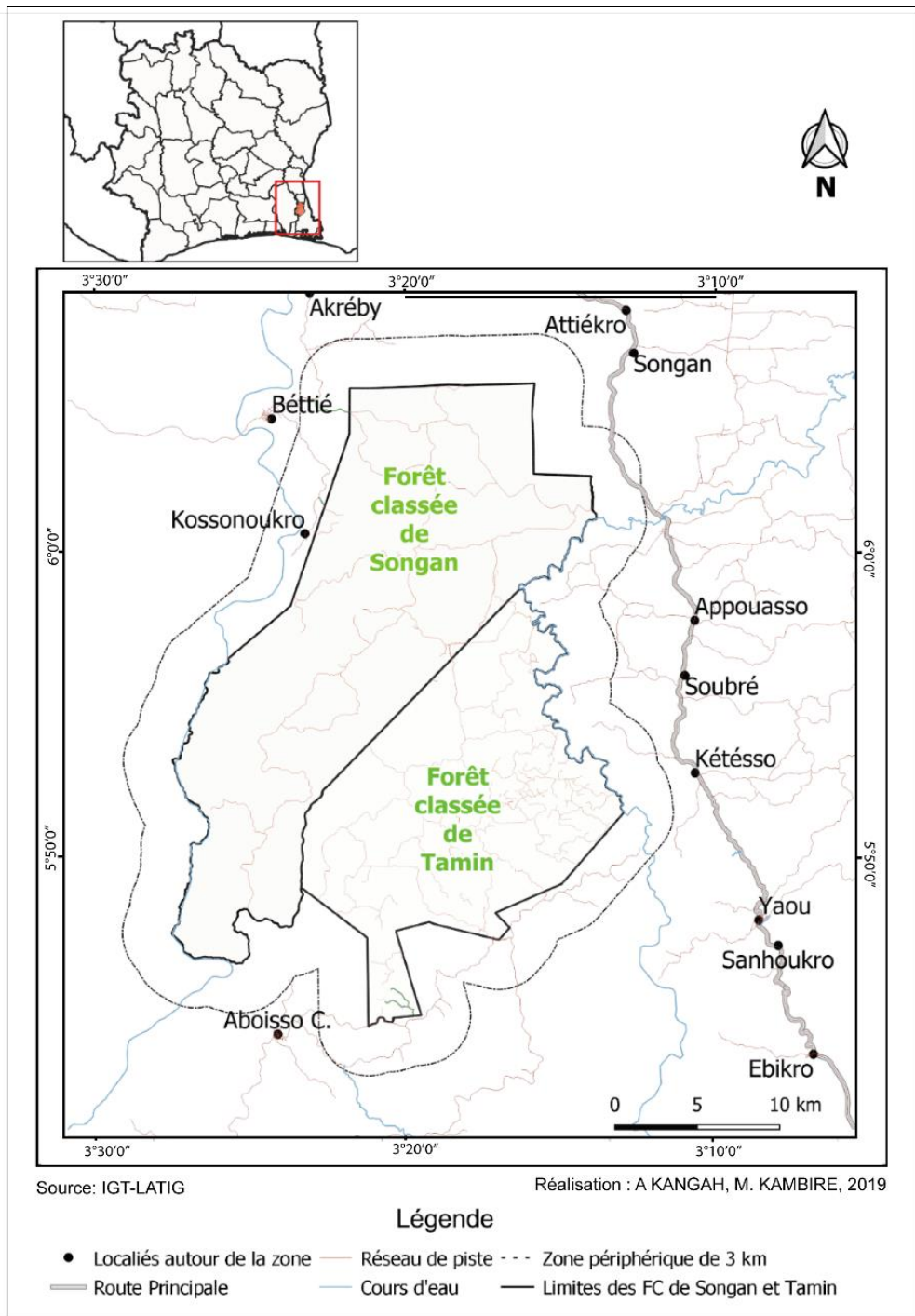
Pour y parvenir, elle a recours à la télédétection spatiale. En effet, plusieurs auteurs à travers le monde (Laliberté *et al.*, 2011 ; Samaali, 2011 ; Viennois, 2012) et en Côte d'Ivoire (N'guessan *et al.*, 2006 ; Dibi *et al.*, 2008 ; Oswald, 2005 ; Corgne, 2014 ; Kangah *et al.*, 2015), ont eu recours à la télédétection pour la caractérisation et la cartographie des types d'occupation du sol et leur évolution. Les résultats soulignés par ces auteurs, montrent que la télédétection spatiale est l'outil approprié à cette étude.

Par ailleurs, pour une bonne présentation des résultats obtenus, l'étude a été articulée autour de quatre points que sont le cadre de l'étude, la méthodologie, les résultats et la discussion.

1. CADRE D'ETUDE

Situées dans le sud-est de la Côte d'Ivoire, entre les longitudes 3°22' 9" et 3°13' 41" Ouest et les latitudes 6°5' 36" et 5°46' 9" Nord, les forêts classées de Songan et de Tamin forment un bloc forestier séparé par une limite artificielle. Elles sont situées aux frontières de trois départements (Aboisso, Béttié et Alépé) et sont limitées à l'Ouest par le fleuve Comoé, à l'Est par la rivière Bia, au nord par les localités d'Aréby et Attiékro et au Sud par celle d'Aboisso Comoé. Ces deux forêts classées couvrent une superficie totale de 62 934 ha à raison de 38 000 ha pour la forêt classée de Songan et 24 934 ha pour celle de Tamin (Figure 1).

Figure 1 : localisation des forêts classées de Songan et de Tamin



Par ailleurs, la zone d'étude bénéficie d'un climat chaud et pluvieux de type équatorial caractérisé par une abondance de précipitations dont la hauteur moyenne est d'environ 1500 mm. Les sols sont généralement de type ferrallitique fortement lessivés sous forte pluviométrie. La végétation est caractérisée dans la partie sud par une forêt dense sempervirente et ombrophile. Dans la partie Nord, l'on rencontre une forêt dense humide semi-décidue. (Avenard *et al.*, 1971).

L'activité principale de la population environnante est l'agriculture qui constitue la principale source de revenu. Les principales cultures sont : le cacao, le café, l'hévéa et le palmier à huile.

2. APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.1. Données de l'étude

Trois types de données ont été utilisés dans le cadre de cette étude. D'une part, des images satellitaires et d'autre part, des données cartographiques et de terrain.

Les images satellitaires sont de Landsat (TM et OLI8) et datent de 1989 et 2019 (tableau 1). Elles ont été téléchargées gratuitement sur le site internet <http://glovis.usgs.gov>. De résolution spatiale 30 m, les images étaient déjà corrigées en géométrie et géo référencées dans le système de projection UTM, zone 30 Nord avant leur téléchargement. Elles ont servi à établir les cartes d'occupation des terres (1989 et 2019) des aires protégées.

Tableau 1 : Caractéristiques des images satellitaires multi spectrales de Landsat

Système	Résolution spatiale (m)	Date d'acquisition
TM	30	02/01/1989
OLI	30	26/01/2019

Source : images satellites Landsat TM et OLI

Les données cartographiques sont essentiellement des fichiers numériques des limites des deux forêts classées et des pistes forestières. Fournies par la SODEFOR, ces données ont permis de préparer les campagnes de terrain et d'extraire la zone d'étude des différentes scènes.

Quant aux données de terrain, elles concernent un ensemble de points relatifs aux coordonnées des échantillons constitutifs des différents types d'occupation des terres collectés sur le terrain. Ces points ont servi à la validation de la nomenclature et des résultats des classifications.

2.2. Traitement des données satellitaires

Il s'agit de l'ensemble des activités et méthodes utilisées pour la réalisation des cartes d'occupations des terres de la zone d'étude. Il comprend :

2.2.1. Mise en place de la nomenclature

Il s'agissait de définir la légende qui a servi à la cartographie de l'occupation des terres. À cet effet, une classification non supervisée de 3 classes (forêt, non-forêt et plan d'eau) a été réalisée sur les différentes images. Pour les besoins de vérification de terrain, trente (30) échantillons de ces trois classes ont été sélectionnés et leurs coordonnées ont ensuite été insérées dans un GPS. Après la mission de terrain, une nomenclature définitive comprenant six classes a été retenue pour la cartographie de l'occupation des terres. Ce sont les classes :

- Forêt dense (forêt primaire)
- Champs/jachères (cultures et/ou jachères)
- Mosaïque forêt-cultures pérennes (cultures pérennes sous-bois)
- Cultures pérennes (café, cacao, hévéa)
- Sols nus/Bâtis (nouvelles parcelles défrichées, sols nus, localités)
- Plan d'eau (cours d'eau, retenue d'eau)

Par ailleurs, deux groupes d'échantillons ont été sélectionnés sur le terrain, puis les coordonnées enregistrés dans un GPS. Un premier groupe au nombre de 45, a servi à la constitution des parcelles d'entraînement et le second au nombre de 30, à la validation des résultats de la classification dirigée.

2.2.2. Constitution des parcelles d'entraînements

Cette étape préalable à toute classification dirigée a été très importante, car l'exactitude de la classification en dépendait. A cet effet, deux compositions colorées que sont TM7 (R), TM4 (V), TM3 (B) pour l'image de 1989 et OLI7 (R), OLI5 (V), OLI3 (B) pour l'image de 2019 ont été créés. Un rehaussement du contraste des images a permis une meilleure discrimination des objets. Par la suite les coordonnées des échantillons prélevés sur le terrain ont été projetées sur les différentes compositions colorées. Pour bien identifier les échantillons, une zone tampon d'un rayon de 250 m a été réalisée autour de chaque point. Ainsi, à partir de l'analyse visuelle des compositions colorées couplés des 45 échantillons prélevés sur le terrain, six groupes de parcelles d'entraînement correspondant aux six classes d'occupation des terres ont été constituées. Celles-ci ont servi à la classification des images.

2.2.3. Classification des images

L'algorithme du « maximum de vraisemblance » a été utilisé pour la

classification des images. Il permet de réduire les risques d'erreur de pixels mal classés en utilisant au mieux les probabilités d'appartenance (Oswald, 2005). C'est le classificateur le plus couramment utilisé dans la pratique en raison de sa robustesse (El Kharki *et al.*, 2015). Par ailleurs, pour optimiser les résultats de la classification, deux néocanaux ont été créés : l'indice de végétation normalisé (NDVI) et l'indice de brillance des sols (IB). Ces indices permettent de caractériser les différents types d'occupation du sol par rapport à l'intensité de leur activité photosynthétique et de leur recouvrement au sol (Sagne *et al.*, 2015).

Ainsi, à partir des parcelles d'entraînement de chaque image (1989 et 2019) préalablement constituées et de l'algorithme du « maximum de vraisemblance », les bandes spectrales associées aux néocanaux ont été classifiées.

A l'issue de cette opération, deux images classifiées (1989 et 2019) ont été obtenues.

2.2.4. Validation de la classification

Après la classification des images, les résultats obtenus ont subi une évaluation thématique et statistique. Pour l'évaluation thématique, les échantillons représentatifs des six classes d'occupation des terres prélevés sur le terrain ont été projetés sur les images classifiées. Cet exercice a permis d'apprécier visuellement la bonne concordance entre les échantillons et les classes d'occupation des terres correspondantes. Après le contenu thématique, il s'est agi de calculer les indices de classification que sont la précision globale et l'indice de Kappa. Les différents couples obtenus, (89 ; 91) et (90 ; 91) respectivement pour les images de 1989 et 2019, ont été jugés satisfaisants. Un filtre médian 3x3 a par la suite été appliqué sur les images classifiées pour éliminer les pixels isolés. Les résultats obtenus ont été vectorisés et considérés comme les cartes d'occupations des terres (1989 et 2019) des deux forêts classées.

2.3. Conversion des données cartographiques et de terrains

Les données cartographiques étant au format numérique (shp), celles-ci ont directement été récupérées d'une part, dans le logiciel 'arc/map' pour l'édition des cartes ayant servi aux travaux de terrain et d'autre part, dans le logiciel 'Envi' pour la délimitation de la zone d'étude.

Quant aux données de terrain, elles étaient constituées des coordonnées (x y) des échantillons des types d'occupation des terres collectés sur le terrain. Ces coordonnées ont été converties en un fichier point (shp) dans le logiciel 'Arc/map' puis récupérées dans le logiciel 'Envi' avant être projetés sur les compositions colorées.

2.4. Analyse de la dynamique spatio-temporelle et des changements

Pour caractériser la dynamique et les changements dans l'occupation des terres entre 1989 et 2019, des opérations (statistiques et de synthèse de données) ci-après ont été effectuées.

2.4.1. Calcul des taux d'évolution global et moyen annuel

Ces deux types de calculs effectués à partir des données 'attributaires' des différentes cartes (1989 et 2019), ont permis de caractériser l'évolution des types d'occupation des terres dans les deux aires protégées. Les formules sont les suivantes :

- Taux d'évolution global

$$Tx = \left[\frac{(Sp2 - Sp1)}{Sp1} \right] \times 100$$

avec :

Tx : taux d'expansion ou de régression global

SP1 : superficie en 1989

SP2 : superficie en 2019

NB : Si Tx / Tx_{ma} est positif, cela traduit une expansion de l'occupation du sol

Si Tx / Tx_{ma} est négatif, cela traduit au contraire, un recul de l'occupation du sol

- Taux d'évolution moyen annuel

$$Tx_{ma} = \left[\left(\frac{Sp2}{Sp1} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100$$

avec :

Tx_{ma} : taux d'expansion moyen annuel

SP1 : superficie en 1989

SP2 : superficie en 2019

t : différence d'année entre 1989 et 2019 = 3

2.4.2. Détection des changements

Pour mesurer les changements opérés dans les deux aires protégées, la carte d'occupation des terres de 1989 a été confrontée à celle de 2019. La carte de synthèse issue de ce croisement a permis d'identifier les superficies restées stables et celles ayant changées d'affectation entre 1989 et 2019. Une matrice de conversion a été construite à cet effet.

3. RESULTATS

Après avoir produit les cartes d'occupation des terres, il s'agit de les analyser. Elles portent d'une part, sur l'état de l'occupation des terres en 1989 et 2019 dans les deux aires protégées et aux abords de celles-ci, d'autre part, sur l'évolution spatiale et les changements survenus dans l'occupation des terres entre 1989 et 2019.

3.1. Etat de l'occupation des terres en 1989 et 2019

3.1.1. Etat des deux forêts classées

Selon les statistiques de l'occupation des terres, en 1989, la forêt classée de Songan était dominée par les formations forestières. Avec une superficie de 31 250,59 ha, elles couvraient près de 82 % de cette forêt. Elles étaient suivies par la mosaïque forêts-cultures pérennes qui s'étendait sur 4 810,44 ha, soit 12,60 %. Quant aux champs/jachères, avec 2 096,89 ha, ils occupaient seulement 5 % de l'aire protégée et constituaient la troisième unité d'occupation de celle-ci. Les sols nus /bâtis et les plans d'eau s'étendaient sur moins de 1 %.

A cette même date (1989), au niveau de la forêt classée de Tamin, les formations forestières dominaient également avec une superficie de 19 284,10 ha, soit 77 % de couverture spatiale. Elles étaient suivies par la mosaïque forêt-cultures pérennes avec 3 934,76 ha, soit seulement 16 % environ. Les champs/jachères avec 1 681,39 ha, soit environ 7 %, constituaient la troisième unité d'occupation des terres de cette aire protégée. Les sols nus/bâtis et les plans d'eau occupaient moins de 1 % de l'étendue spatiale de la forêt classée (tableau 2).

En 2019, soit 30 ans plus tard, la situation de l'occupation des terres dans les deux aires protégées a considérablement évolué. Ainsi, au niveau de la forêt classée de Songan, la mosaïque forêt-cultures pérennes avec 20 600,13 ha, occupe désormais environ 54 % et se présente comme la principale unité d'occupation des terres. Elle est suivie par les champs/jachères avec 8 179 ha, soit 27 %. La forêt dense vient désormais en troisième position avec moins de 7 114 ha, soit seulement 19 % environ de la superficie totale de la forêt classée de Songan. Les sols nus/bâtis et les plans d'eau s'étendent toujours sur moins de 1 %.

Tableau 2 : Superficies en 1989 et 2019 des types d'occupation des terres dans les deux aires protégées

Type d'occupation du sol	Forêt classée de Songan				Forêt classée de Tamin			
	Superficie 1989		Superficie 2019		Superficie en 1989		Superficie en 2019	
	Ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%
Forêt dense	31250,59	81,84	7114,02	18,64	19284,10	77,34	13147,00	52,85
Champs/jachères	2096,89	5,49	10324,28	27,04	1681,39	6,74	3582,92	14,37
Mosaïque forêts-cultures pérennes	4810,44	12,60	20600,13	53,95	3934,76	15,78	8099,13	32,48
Sols nus	24,30	0,06	140,30	0,37	18,72	0,08	57,78	0,23
Plan d'eau	3,80	0,01	3,80	0,01	16,18	0,06	48,32	0,06
Total	38186,03	100,00	38186,03	100,00	24935,15	100,00	24935,15	100,00

Source : tables attributaire des cartes d'occupation des terres en 1989 et 2019

Au niveau de la forêt classée de Tamin, la forêt dense continue de dominer cette aire protégée avec 13 147 ha, soit plus de la moitié (52,72 %) de l'étendue spatiale de celle-ci. Elle est suivie par la mosaïque forêt-cultures pérennes avec 8 099, 13 ha, soit plus de 32 %. Les champs/jachères avec 3 582,92 ha soit 14 %, se classent derrière la mosaïque forêt-cultures pérennes. Les sols nus/bâties et les Plans d'eaux s'étendent sur moins de 1 % de l'aire protégée.

3.1.2. Etat dans la périphérie des deux aires protégées

Pour mesurer les menaces d'anthropisation des deux aires protégées, une zone tampon de 3 km couvrant une superficie de 42 000 ha a été délimitée autour de celles-ci puis soumise à analyse. Ainsi, les statistiques de l'occupation des terres révèlent qu'en 1989, la forêt dense avec 22 366 ha, occupait plus de la moitié, soit 52 % des terres aux alentours des deux aires protégées. Elle était suivie par les cultures pérennes qui s'étendaient sur 12 208 ha, soit 29 % environ des terres (tableau 3). Les champs/jachères avec 6 570,88 ha, soit 16 % environ se positionnaient derrière les cultures pérennes. Les sols nus/Bâties et les plans d'eau s'étendaient respectivement sur 0,93 % et 1,53 % des terres aux alentours des aires protégées.

Tableau 3 : Superficies en 1989 et 2019 des types d'occupation des terres aux alentours des aires protégées

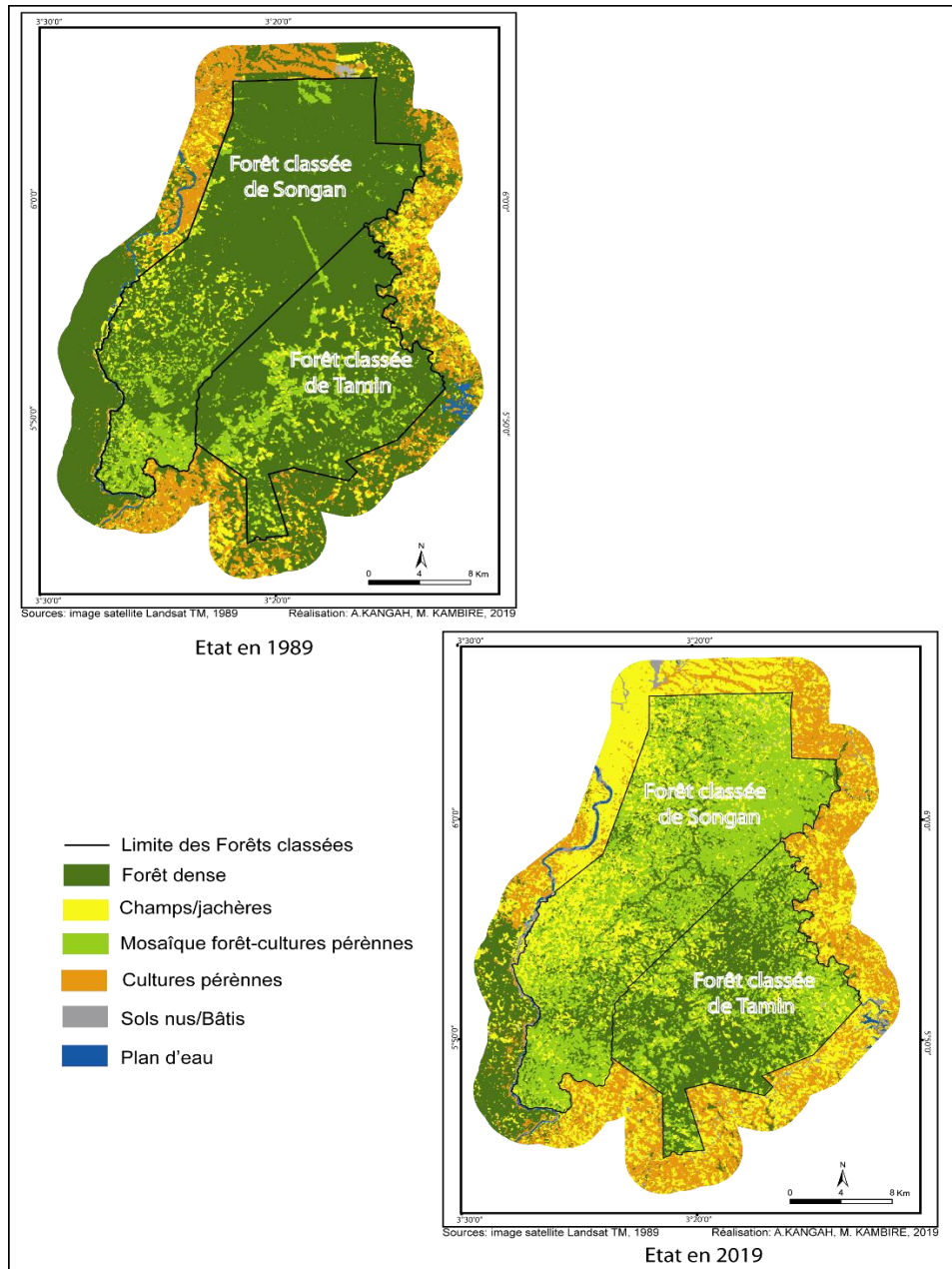
Types d'occupation du sol	Superficie en 1989		Superficie en 2019	
	Ha	%	ha	%
Forêt dense	22366,95	53,02	5549,90	13,16
Champs/jachères	6570,88	15,58	18996,58	45,03
Cultures pérennes	12207,68	28,94	15604,00	36,99
Sols nus/Bâties	393,44	0,93	1359,99	3,22
Plans d'eau	645,79	1,53	674,27	1,60
Total	42184,73	100,00	42184,73	100,00

Source : tables attributaire des cartes d'occupation des terres 1989 et 2019

En 2019, les résultats du traitement des images montrent que les alentours des aires protégées sont désormais dominés par les champs/jachères avec 26 847 ha, soit 45 % de taux de couverture spatiale. Ils sont suivis par les cultures pérennes qui s'étendent sur 15 604 ha, soit 37 %. La forêt dense, avec 5 549,90 ha, soit 13 % occupe la troisième position après les cultures pérennes. Les autres types d'occupation des terres que sont les sols nus/bâties et plans d'eau occupent respectivement 3 % et 2 % environ des terres.

La figure 2 ci-dessous est une illustration de l'état d'occupation des terres en 1989 et 2019 dans les deux aires protégées ainsi que leurs périphéries immédiates.

Figure 2 : État de l'occupation des terres (1989 et 2019) des deux aires protégées et leurs périphéries immédiates



3.2. Dynamique de l'occupation des terres entre 1989 et 2019

Il s'agit d'une analyse de l'évolution des superficies ainsi que des mutations survenues dans l'occupation des terres des deux forêts classées entre 1989 et 2019 ainsi que leurs périphéries.

3.2.1. Dynamique au sein des deux forêts classées

Selon les statistiques de l'évolution de l'occupation des terres, le couvert forestier dans les deux aires protégées a connu une très forte régression entre 1989 et 2019.

Ainsi, au niveau de la Forêt classée de Songan, la Forêt dense est passée de 82 % environ en 1989 à seulement 19 % environ en 2019, soit un taux de régression global de plus de 77 % en 30 ans et un taux de régression moyen annuel d'environ 5 %. Cette régression s'est faite essentiellement en faveur de la mosaïque forêt-cultures pérennes (43 %) et des champs/jachères (22 % environ). Seulement 16 des 82 % environ de la superficie de la forêt dense ont été conservées entre 1989 et 2019 (tableau 4).

Formant un bloc compact en 1989, la forêt dense s'est considérablement fragmentée et se présente désormais sous forme de reliques éparpillées entre les formations anthropiques ou aux abords des cours d'eau, donnant lieu à des îlots forestiers et des galeries forestières.

Tableau 4 : Matrice de conversion (%) des types d'occupation des terres de la forêt classée de Songan

		Occupation du sol en 2019					
		Forêt dense	Champs/jachères	Mosaïque Forêt-cultures pérennes	Sol nus/Bâtis	Plan d'eau	Total en 1989
Occupation du sol en 1989	Forêt dense	16,31	21,87	43,35	0,29	0,02	81,84
	Champs/jachères	0,53	2,42	2,51	0,03	0,00	5,49
	Mosaïque Forêt - cultures pérennes	1,78	2,73	8,04	0,04	0,00	12,60
	Sol nus/Bâtis	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,06
	Plan d'eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
	Total en 2019	18,63	27,04	53,90	0,41	0,03	100

Source : table attributaire carte de synthèse de l'occupation des terres (1989 et 2019) de la forêt classée de Songan

Dans le même temps, les champs/jachères ont connu une extension notable passant de 5 % environ en 1989 à 27 % en 2019, soit un taux d'évolution global d'environ 400 % en trois décennies et un taux d'extension moyen annuel de plus de 5 %. Toutefois, près de la moitié (2,51 %) des 5,49 % de la superficie

de cette unité d'occupation en 1989 a été convertie en mosaïque forêt-cultures pérennes qui a connu également une extension sur la même période. De 13 % en 1989, les terres occupées par cette unité d'affectation au sol sont passées à 54 % environ en 2019, soit un taux d'extension de global de plus de 300 % en 30 ans représentant un taux d'extension annuel de près de 5 %. En outre, plus de 8 des 13 % environ des superficies de la mosaïque forêt-cultures pérennes ont été conservées sur la période. Le reste a été converti en Forêt dense (1,78 %) et en champs/jachères (2,73 %).

Concernant l'aire protégée de Tamin, la forêt dense connaît également une régression notable. De 77 % en 1989, elle est passée à 53 % environ en 2019, soit un taux de régression global de plus de 31 % en 30 ans représentant un taux de régression moyen annuel de 1,25 %. Cette régression s'est faite principalement au profit de la mosaïque forêt-cultures pérennes (21,97 %) et des champs/jachères (10,29 %). Néanmoins environ 45 des 77 % de l'étendue spatiale de la forêt dense ont été conservées entre 1989 et 2019.

Contrairement aux surfaces forestières, celles en champs/jachères ont connu une nette progression. De 7 % environ en 1989, elles sont passées à 14 % en 2019, soit un taux d'extension global de plus de 113 % en trois décennies représentant un taux d'extension moyen annuel de plus de 2,53 %. Malgré que l'étendue spatiale de cette unité d'occupation aient doublées en 30 ans, 3,19 des 7 % environ des superficies de 1989 ont été convertie en mosaïque forêt-cultures pérennes et 1,11 % en forêt dense. Seulement 2,43 des 7 % environ des superficies n'ont pas changées d'affectation au sol entre 1989 et 2019 (tableau 5).

Sur la même période, la superficie de la mosaïque forêt-cultures pérennes a également doublé passant de 16 % environ en 1989 à 32 % en 2019, soit un taux d'extension global d'environ 106 % en 30 ans représentant un taux d'extension moyen annuel de 2,41 %. En outre, plus de 7 des 16 % environ de cette unité d'occupation n'ont pas changé d'affectation au sol entre 1989 et 2019. Le reste des terres a été convertie en forêt dense (5,88 %) et en champs/jachères (2,17 %).

Tableau 5 : Matrice de conversion (%) des types d'occupation des terres de la forêt classée de Tamin

		Occupation du sol en 2019					
		Forêt dense	Champs/jachères	Mosaïque Forêt-cultures pérennes	Sol nus/Bâtis	Plan d'eau	Total 1989
Occupation du sol en 1989	Forêt dense	44,91	10,29	21,97	0,16	0,00	77,34
	Champs/jachères	1,11	2,43	3,19	0,01	0,00	6,74
	Mosaïque Forêt-cultures pérennes	5,88	2,17	7,70	0,02	0,00	15,78
	Sol nus/Bâtis	0,00	0,02	0,02	0,03	0,00	0,08
	Plan d'eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
	Total 2019	51,91	14,91	32,89	0,22	0,07	100,00

Source : table attributaire carte de synthèse de l'occupation des terres (1989 et 2019) de la forêt classée de Tamin

En définitif, les aires protégées de Songan et de Tamin se trouvent dans un état de dégradation très avancée avec toutefois des niveaux différents. Pendant que la forêt classée de Tamin se trouve dans un état de morcellement avancé, celle de Songan n'existe que sous-forme de reliques. Les pertes en surfaces forestières se sont faites essentiellement au profit de la mosaïque forêt-cultures pérennes et des champs/jachères.

3.2.2. Dynamique à la périphérie des deux forêts classées

Suivant les statistiques de l'occupation des terres, les formations forestières situées à la périphérie des aires protégées ont connu une importante régression entre 1989 et 2019. De 53 % en 1989, elles sont passées à 13 % en 2019, soit un taux de régression global de 75 % sur la période représentant un taux de régression moyen annuel de 4 %. Cette régression s'est faite principalement au profit des champs/jachères (17,74 %) et des cultures pérennes (21,49 %). Seulement 12,5 des 53 % de cette unité d'occupation ont été conservées sur la période (tableau 6).

Pendant que les surfaces forestières régressaient, celles en champs/jachères s'étendaient. De 15 % environ en 1989, elles ont atteint 45 % en 2019, soit un taux d'extension global de 189 % en 30 ans représentant un taux d'extension moyen annuel de plus de 3 %. En outre, environ 10 des 15,58 % des surfaces en champs/jachères ont été conservées sur la période. Le reste des superficies a majoritairement été convertie en cultures pérennes (4,49 %), qui par ailleurs ont connu une extension notable entre 1989 et 2019. En effet, de 29 % environ en 1989, les surfaces en cultures pérennes ont atteint 37 % en 2019, soit un taux d'extension global de 28 % environ en 30 ans représentant un taux d'évolution moyen annuel de 0,74 %. Toutefois, cette unité d'occupation du

KANGAH Armand

sol a subi beaucoup de conversion entre 1989 et 2019. Seulement près de 11 des 29 % environ des terres ont été conservées. Le reste des superficies a été converti majoritairement en Champs/jachères (17 % environ).

Tableau 6 : Matrice de conversion (%) des types d'occupation des terres à la périphérie des deux aires protégées

		Occupation du sol en 2019					
		Forêt dense	Champs/Jachères	Cultures pérennes	Sol nus/Bâtis	Plan d'eau	Total 1989
Occupation du sol en 1989	Forêt dense	12,50	17,74	21,49	1,00	0,28	53,02
	Champs/jachères	0,24	10,30	4,49	0,54	0,01	15,58
	Cultures pérennes	0,40	16,96	10,90	0,64	0,04	28,94
	Sol nus/Bâtis	0,00	0,33	0,05	0,08	0,00	0,46
	Plan d'eau	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00
	Total 2019	13,14	45,34	36,93	2,26	2,33	100,00

Source : table attributaire de la carte de synthèse de l'occupation des terres (1989 et 2019) de la périphérie des aires protégées

En somme, durant ces trois décennies, les formations forestières aux abords des forêts classées de Songan et de Tamin ont perdu plus du triple de leur superficie en 1989. Elles ont presque toutes été remplacées par des formations anthropiques sauf dans le sud-ouest.

Les figures 3 et 4 ci-dessous illustrent le niveau de transformations spatiales dans les deux aires protégées et leur périphérie à travers les surfaces restées stables et celles ayant changées d'affectation entre 1989 et 2019.

Figure 3 : Surfaces restées stables entre 1989 et 2019 dans les deux aires protégées ainsi que leurs périphéries immédiates

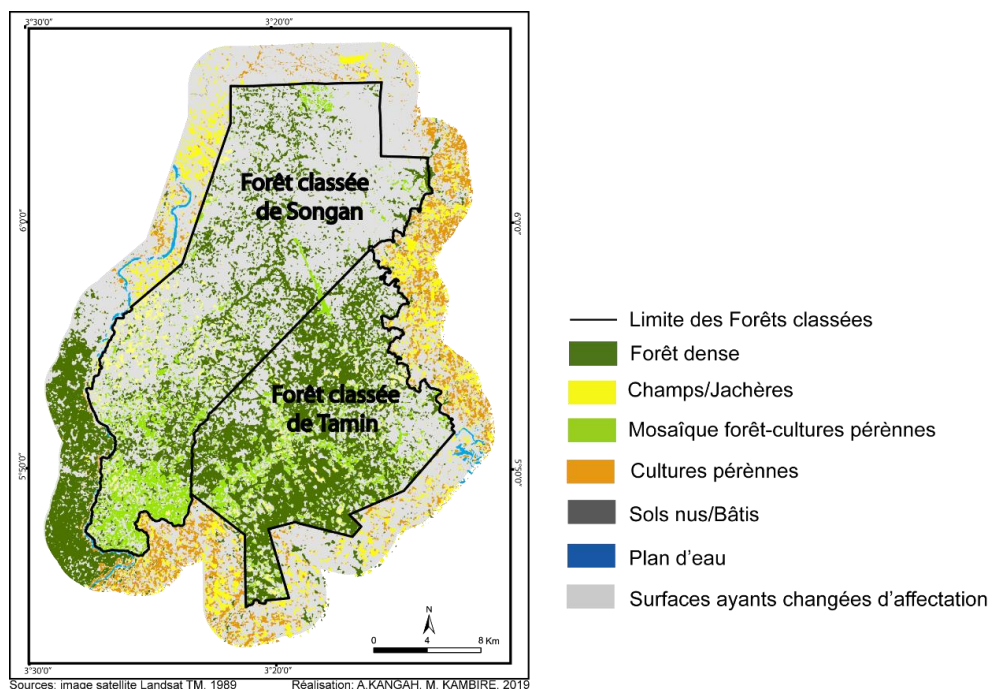
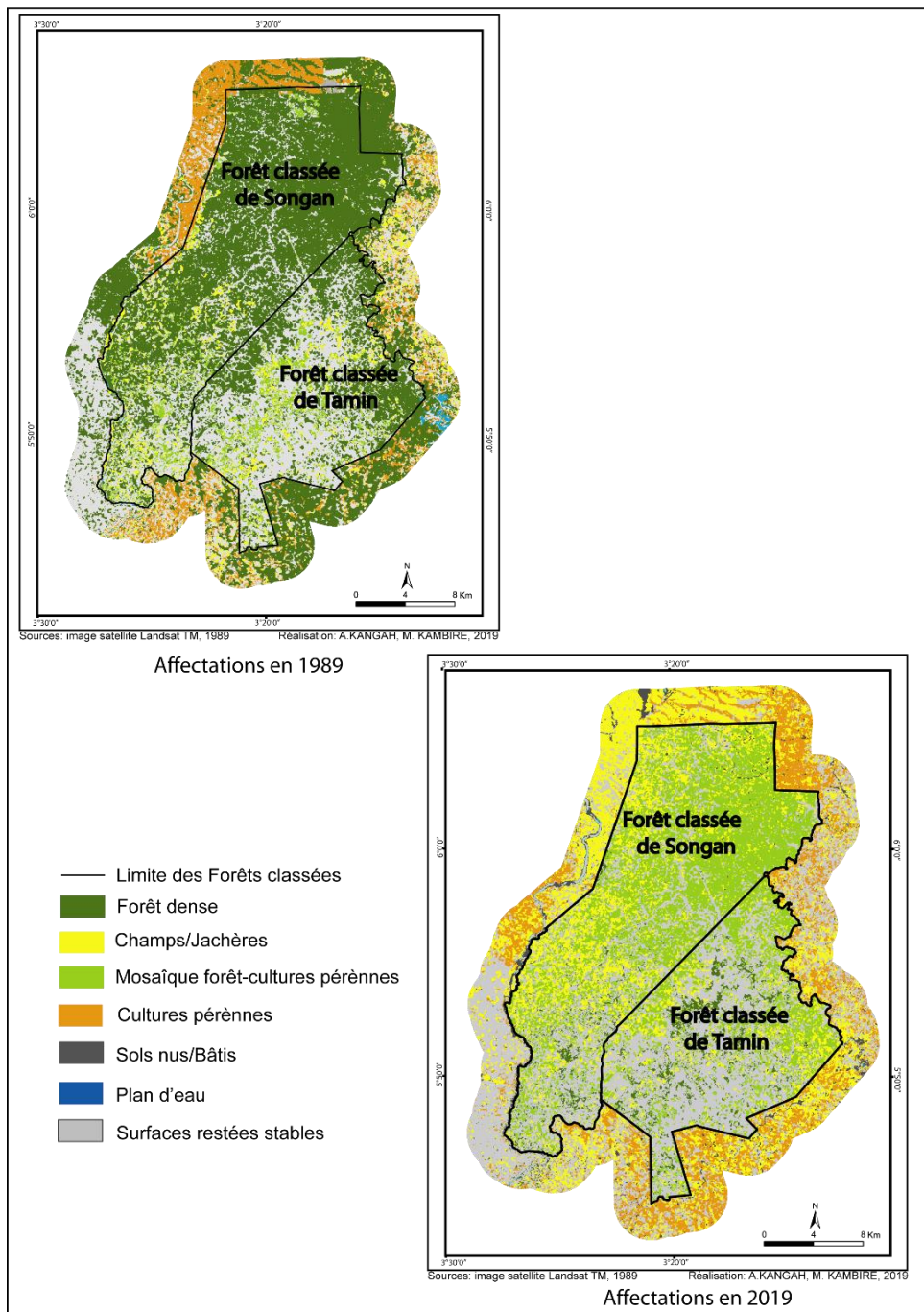


Figure 4 : Surfaces ayant changées d'occupation de terre entre 1989 et 2019 dans les deux aires protégées ainsi que leurs périphéries immédiates



4. DISCUSSION

Les images satellitaires Landsat TM et OLI 8 ont été d'un apport considérable dans l'évaluation des surfaces forestières dans les aires protégées de Songan et de Tamin à travers la dynamique de l'occupation des terres entre 1989 et 2019. Elles ont permis de dresser deux cartes d'occupation des terres (1989 et 2019) des deux forêts classées et leurs périphéries. Les matrices de confusion issues des classifications ont donné des couples de précisions globales et coefficient Kappa supérieur à 80 %. Des résultats similaires ont été obtenus par Kangah *et al.* (2015) et Sagne *et al.* (2015) lors de pareilles études réalisées respectivement dans la forêt classée de Niégré et celle du Haut-Sassandra. En effet, Kangah *et al.* (2015) ont obtenu une précision de classification de 0,89 avec un indice Kappa de 0,90 en réalisant une classification dirigée pixel par pixel sur des images Landsat de 2017. De même Sagne *et al.* (2015) en classifiant des images Landsat de 2013 ont obtenu une précision globale de 0,92 avec un indice Kappa de 0,90. En outre, selon N'Doumé *et al.*, (2000), « un indice Kappa compris entre 0,75-1 peut être estimé satisfaisant dans le cadre d'une classification assistée par maximum de vraisemblance en milieu tropical ».

Par ailleurs, si les statistiques issues de la matrice de confusion paraissent dans l'ensemble satisfaisantes, cela n'a pas exclu de confronter les images classifiées aux données de terrain. En effet, les points-échantillons des différents types d'occupation des terres collectés sur le terrain ont été projetés sur les images classifiées. Cette confrontation a révélé des confusions entre les classes « Forêt danse, Mosaïque forêt-cultures pérennes et les Champs/jachères ». Ces confusions sont liées aux pratiques culturelles dans les aires protégées. En effet, pour tromper la vigilance des gardes forestiers, les cultures sont disséminées directement sous les grands arbres après un défrichage du sous-bois. Cette pratique culturelle permet aux cultures de se développer et d'atteindre un certain niveau de croissance avant l'abatage des gros bois. Malgré les confusions dus à l'hétérogénéité du milieu, 85 % des échantillons correspondent aux types d'occupation des terres respectifs.

Les statistiques issues des différentes cartes l'occupation du sol (1989 et 2019) ont mis en évidence une régression des formations forestières au profit des activités agricoles dans les deux aires protégées. Toutefois, cette régression est plus prononcée dans la forêt classée de Songan que celle de Tamin. Cette propension à l'extension des parcelles de cultures est attestée par la présence de nombreuses pistes et campements de cultures dans les forêts classées de Songan et de Tamin. Ces résultats reflètent la tendance à la dégradation des aires protégées ivoiriennes signalée par plusieurs auteurs au cours de ces

dernières décennies (Kangah *et al.*, 2015, 2016 ; Brou *et al.*, 2005 ; N'guessan *et al.*, 2006 ; Dibi, 2008 ; Konan *et al.*, 2016).

Par ailleurs, la colonisation des terres dans les aires protégées ivoiriennes en général et en particulier dans celles de Songan est de Tamin est due essentiellement à deux facteurs. D'abord le système de surveillance et ensuite les pratiques culturelles. En effet, le système de surveillance actuel dans les forêts classées de Songan et de Tamin est inefficace. Les agents des eaux et forêts commis à la surveillance demeurent dans les bureaux et ne sortent qu'une fois par semaine pour effectuer quelques patrouilles aux abords des forêts classées sans pénétrer en profondeur. Ces derniers disposent de moyens de répression, mais ne sont jamais mis en œuvre. Cette inaction et/ou complicité des agents a beaucoup favorisé le défrichement et la colonisation des terres dans les aires protégées de Songan et de Tamin.

Le deuxième facteur concerne les pratiques agricoles. En effet, les pratiques agricoles, basées sur l'agriculture itinérante sur brûlis occasionnent chaque année le défrichement de nouvelles parcelles agricoles. Cette pratique culturelle consommatrice de terres a occasionné un défrichement des formations forestières avec pour conséquence "une raréfaction de la rente forestière" Dibi (2008) considérée par les paysans, comme des zones à haut rendement agricoles. C'est cette situation de rareté de la rente forestière disponible qui conduit bon nombre de populations riveraines des aires protégées comme le signale Oswald, (2005), Konan *et al.*, (2016) à les infiltrer pour établir de nouveaux espaces agricoles. Ainsi, tant que les pratiques agricoles ne changeront pas ainsi que le système de surveillance renforcé et modernisé, les aires protégées seront toujours menacées, car les paysans sont guidés par un seul objectif, conquérir de nouvelles terres pour accroître leurs superficies de cultures.

Toutefois, il est à signaler que la régression du couvert forestier n'est pas uniquement due au système de surveillance et aux pratiques agricoles. Comme constaté au niveau des forêts classées de Songan, et Tamin, elle est aussi imputable à l'exploitation forestière. En effet, les exploitants forestiers disposent d'autorisations d'accès délivrées par l'Etat Ivoirien pour le prélèvement de bois dans les deux forêts classées. La création de pistes pour l'abatage et le transport des bois d'œuvre et d'ébénisterie par les exploitants forestiers concourent également à la dégradation des forêts classées de Songan et de Tamin.

CONCLUSION

L'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres dans les forêts classées de Songan et de Tamin a été rendue possible grâce aux images satellitaires. L'analyse des cartes d'occupation des terres (1989 et 2019) obtenues par une classification dirigée des images Landsat (TM et OLI8) a mis en évidence une régression notable des formations forestières au profit des parcelles agricoles dans les deux aires protégées. En effet, les couvertures forestières sont passées de 82 % et 77 % en 1989 à seulement 19 % et 53 % en 2019 respectivement dans les forêts classées de Songan et de Tamin. S'il reste encore des îlots forestiers au niveau de la forêt classée de Tamin, ce n'est pas le cas au niveau de celle de Songan qui se trouve très émietté. Ainsi, la rareté de la rente forestière dans le Sud-est consécutive à la pratique d'une agriculture itinérante sur brulis a occasionné un défrichement massif et une mise en culture des forêts classées de Songan et de Tamin par la population riveraine.

Par ailleurs, s'il est encore possible de sauver la forêt classée de Tamin qui paraît mieux conservée, il sera par contre très difficile au niveau de celle de Songan, vu l'étendue et la multiplicité des cultures pérennes. La déclassification de cette forêt reste un souhait ardent des populations riveraines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFFOU (Y. S.), TANO (K.), 1988. *Saturation foncière, migration rurale et pénurie de main d'œuvre, le cas de la boucle du cacao*. CIRES, AISA-ORSTOM, Abidjan, 19p.

AKADJE (L.), HAUHOUOT (C.), 2014. *Analyse par télédétection des dégradations environnementales de 2000 à 2013 dans la zone Ramsar de Grand-Bassam (Sud de la Côte d'Ivoire)*, Revue Scientifique Internationale de Géomatique, 1 (1), 33-40.

AMANI (Y. C.), TOURE (A.), 2015. *Implantations humaines et dégradation des forêts classées du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire : cas des Rapides Grah*, TALOHA, vol. 19, n°21, 11 pages

AVENARD (J. M.), ELDIN (M.), GIRARD (G.), SIRCOULON (J.), TOUCHEBEUF (D. P.), GUILLAUMET (J.-L.), ADJANOHOUN (E.) et PERRAUD (A.), 1971. *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoires ORSTOM N° 50, Paris, 392 pages.

BROU (Y. T.), OSWALD (J.), BIGOT (S.) et SERVAT (E.), 2005. *Risque de déforestation dans le domaine permanent de l'Etat de Côte d'Ivoire : quel avenir pour ses derniers massifs forestiers ?* Revue de télédétection, Vol 5, n° 1-2-3, pp 17-33.

CORGNE (S.), 2014. *Etude des changements d'occupation et d'usage des sols en contexte agricole par télédétection et fusion d'informations*, HDR, Université Rennes 2.

DIAN (B.), 1978. *Aspect géographique du binôme café cacao dans l'économie Ivoirienne*. Les nouvelles éditions africaines, Abidjan-Dakar, 111p.

DIBI (N. H.), N'GUESSAN (K. E.), EGNANKOU (W. M.), KOUADIO (A.), 2008. *Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire)*. Bulletin - société Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 2008, 8 (1), pp 17-34.

EL KHARKI (O.), MECHBOUH (J.), DUCROT (D.), ROUCHDI (M.), NGONO (M.), 2015. *Panorama sur les méthodes de classification des images satellites et techniques d'amélioration de la précision de la classification*, Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, No. 210, pp 23-38.

HAUHOUOT (C.). 2004. *Les pressions anthropiques sur les milieux naturels du sud-est ivoirien*. Geo-Eco-Trop, 28(1-2), pp 69 - 82.

KANGAH (A.), KONAN (K. E.), EHOUNOUD (E. M.), 2015a. *Application du SIG à la détermination des relations entre les densités rurales et la déforestation dans le Sud Est Ivoirien (exemple du canton Afféma)*. Revue Dynamiques Spatiales et Développement "Dyspadev". n°006, pp 145 - 165.

KANGAH (A.), KONAN (K. E.), KOLI BI (Z.), 2015. *Pression humaine sur les massifs forestiers en Côte d'Ivoire : cas de la forêt classée de Niégré, Sud-ouest Ivoirien*, Revue RSS-PASRES, vol. 3, n°7, pp. 30 - 47.

KANGAH (A.), ALLA (D. A.), KONAN (K. E.), OUATTARA (M. A.), 2016. *Cartographie par télédétection et analyse de l'influence des activités agricoles dans le terroir villageois Odjoukrou*, REGARDSDUDS, vol. 1, n°2, pp. 60 - 74.

KOLI BI (Z.), 2009. *Dynamique de l'occupation du sol et mutations socio-spatiales en pays Ehotilé d'Assinie sur le littoral est de la Côte d'Ivoire*, 17pages.

KONAN (K. E.), KANGAH (A.), 2013. *Apport du SIG et du GPS dans la cartographie des actions humaines dans les aires protégées de la Côte d'Ivoire : exemple du Parc National d'Azagny*, Geo Science Publications (Geosp), 13 pages.

KONAN (K. E.), KANGAH (A.) et ATTA (K. J-M.), 2016. *Facteurs anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans le Parc National de la Comoé, en Côte d'Ivoire*. Revue de Géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO N° 05- Oct. Vol. 2, pp. 152-166.

KONAN (K. E.), MAFOU (K. C.), SYLLA (D.), DIOMANDE (G.), LIDA (D. S.), 2019. *Modélisation prospective de la déforestation dans le Parc National du Mont Sangbé (Côte d'Ivoire)*, Actes de la Conférence OSFACO 2019, 13-15 mars 2019, Cotonou, pages 95 à 116.

KONE (M.), KOUADIO (K.), KOUADIO (Y.), NEUBA (D.) et MALAN (D.), 2014. *Dégradation de la forêt dense humide tropicale, cas de la région de l'Indénié-Djuablin à l'est de la Côte d'Ivoire*, Journal of Animal & Plant Sciences, vol. 21, n°3, 15 pages.

LEONARD (E.) et IBO (J.), 1994. « Appropriation et gestion de la rente forestière en Côte d'Ivoire ». In *la nature et l'homme en Afrique*. Politique Africaine. pp. 25-36

LAUGINIE (F.), 2007. *Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire*. Abidjan, NEI-Hachette, pages 471 à 477.

MAFOU (C. K.), 2013. *La mobilité de la force de travail étrangère et son impact sur l'économie de plantation dans le département d'Aboisso (Sud-Est Ivoirien)*. Thèse de Doctorat Unique, Univ. F.H.B d'Abidjan, 355 p.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE (MINEDD) et MECANISME DE REDUCTION DES EMISSIONS LIEES A LA DEFORESTATION ET A LA DEGRADATION DES FORETS (REDD+), 2016. *Analyse qualitative des facteurs de déforestation et de dégradation des forêts en Côte d'Ivoire (Rapport Final)*, Rapport Final, RCI, Abidjan, 114 p.

N'GUESSAN (E.), DIBI (N. H), BILLAN (M. F.), 2006. « Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte d'Ivoire, apport de la télédétection ». *Télédétection*, 5 (4), 307-323.

OUATTARA (T. A.), 2017. *Cartographie de l'occupation du sol de la Région de la Mé*, ETC TERRA RONGEAD, Abidjan, 28 pages.

OSZWALD (J.), 2005. *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 Géographie, Université des Sciences et Technologies de Lille, UFR de Géographie et d'aménagement Laboratoire de Géographie des Milieux Anthropisés (UMR CNRS 8141), Lille, France, 304 pages.

PONTIUS (R.), GILMORE (Jr.), AGRAWAL (A.), et HUFFAKER (D.), 2003. « Estimating the uncertainty of land-cover extrapolations while constructing a raster map from tabular data ». *Journal of Geographical Systems*, vol. 5, n°3, pages 253 à 273.

SAGNE (Y.), BARIMA (Y.), BAMBA (I.), N'DOUME (A.), 2015, "Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire) ", *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 15, No. 3, 19 pages.

SAMAALI (H.), 201. *Etude de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le delta de Mejerda par télédétection et SIG*. Thèse de doctorat Unique, Université de Tunis, 377p.

VIENNOIS (G.), 2012, *Cartographie de la phénologie des forêts humides en Afrique centrale*. Mémoire Master de Géomatique, Université de Montpellier, France, 41p.

YEDME (S.), MEMEL (C.), 2004. *Contribution à l'amélioration de la culture du Teck en Côte d'Ivoire par l'évaluation d'un essai de descendance et par reproduction de clones*. Mémoire de DEA, Côte d'Ivoire, UFR Biosciences, Université de Cocody, 105 pages.

ZANH (G. G.), KPANGUI (K. B.), BARIMA (Y. S) et BOGAERT (J.) 2018. *Saturation foncière à la périphérie de la forêt classée du Haut Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) durant la période de 1990 à 2016*, *TROPICULTURA*, vol. 36, n°2, pages 171 à 182.