Ziglôbitha,
Revue des Arts, Linguistique,
Littérature & Civilisations

Université Peleforo Gon Coulibaly - Korhogo

Analyse des mutations spatiales de l'occupation du sol dans le sud-est ivoirien (exemple du pays bétibé) de 1986 à 2018

Kouadio Eugène KONAN
Université Félix Houphouët Boigny, Cocody-Abidjan
enzokkeugene@yahoo.fr

Résumé : La présente recherche analyse les différentes mutations spatiales dans le sud-est ivoirien. En effet, la forte pression humaine dans le sud-est ivoirien, due à la pression démographique et aux activités agricoles a occasionné une forte régression du couvert végétal. Actuellement il n'existe pratiquement plus de forêt dans le sud-est, notamment dans le pays Bétibé. Cette étude vise, au moyen des outils de la géomatique, à faire une analyse spatio-temporelle de l'évolution de l'occupation dans le pays Bétibé. Après une classification des images satellites par l'approche pixellaire, les résultats cartographiques obtenues ont été intégrés dans un environnement SIG. L'exploitation et l'analyse des données ont permis de mettre en évidence l'évolution des types d'occupation du sol et les transformations spatiales dans l'espace d'étude. Les résultats de l'analyse montrent que l'espace Bétibé est sous l'emprise des espaces humanisés qui couvrent 61,05 % en 1986 et 63,31 % en 2018 de la superficie totale. Les pratiques agricoles et la pression démographique dans cette partie de la Côte d'Ivoire constituent les facteurs essentiels de la transformation du paysage.

Mots-clés : Télédétection, SIG, mutation spatiale, Bétibé, occupation du sol.

Abstract:
This research analyses the different spatial mutations in south-eastern Côte d'Ivoire. Indeed, the strong human pressure in the south-east of Côte d'Ivoire, due to demographic pressure and agricultural activities, has led to a strong regression of the vegetation cover. At present, there is practically no forest left in the south-east, particularly in the Betibe country. This study aims, by means of geomatic tools, to make a spatio-temporal analysis of the evolution of the occupation in the Betibe country. After a classification of the satellite images by the pixel approach, the cartographic results obtained were integrated into a GIS environment. The exploitation and analysis of the data made it possible to highlight the evolution of land use types and spatial transformations in the study area. The results of the analysis show that the Betibe area is under the influence of humanised spaces, which cover 61.05% in 1986 and 63.31% in 2018 of the total area. Agricultural practices and demographic pressure in this part of Côte d'Ivoire are the main factors in the transformation of the landscape.

Keywords: Remote sensing, GIS, spatial mutation, Betibe, land use.

Introduction

La dégradation accélérée des forêts tropicales, biotique de la biodiversité, préoccupe depuis quelques décennies les scientifiques.

Selon les estimations du SEPREDD (2016, p. 3), 0,38% des réserves forestières mondiales sont défrichées.

La Côte d'Ivoire, dès son accession à l'indépendance a axé son développement économique sur l'agriculture. Le dynamisme de cette agriculture est une menace grave pour la pérennité du couvert végétal forestier naturel. Aujourd'hui les surfaces de forêts denses sont estimées à en deçà de quelques centaines de milliers d'hectares et les surfaces de forêts anthropisées représentent la majeure partie des forêts denses productives (3,094 millions d'hectares en 1980) (SEPREDD, 2016, p. 10).

Les défrichements intervenus dans les réserves forestières de la Côte d'Ivoire ont pour effets la diminution du taux de boisement entraînant la raréfaction des ressources ligneuses, à laquelle s'ajoutent des effets écologiques irréversibles. La région du Sud Comoé dans laquelle s'inscrit le pays Bétibé qui est l'espace de cette étude, autrefois zone forestière par excellence, enregistre une transformation de son paysage à travers la création de grandes plantations industrielles et le développement des cultures vivrières.

L'essor de l'agriculture dans cette région s'est réalisé au détriment du milieu naturel. Cette transformation spatiale s'est davantage accentuée dans les dernières décennies avec l'apparition de nouvelles cultures agro-industrielles que sont le palmier à huile et l'hévéa. L'intérêt suscité par ces nouvelles cultures a déclenché une véritable course à la terre qui se traduit dans l'espace par le défrichement de nouvelles parcelles agricoles au détriment des formations forestières (Z. Koli bi, 1999, p. 120).

Face à ce tableau, il convient de se poser quelques questions fondamentales :

1- Quel est le niveau de mutations spatiales de l'espace Bétibé ?

2- Quels sont les facteurs à la base de la transformation de cet espace ?

Pour répondre à ces interrogations, cette étude se fixe comme objectif général mettre en évidence la dynamique spatiale de l'occupation du sol dans l'espace Bétibé de 1986 à 2018. De façon spécifique, il s'agit de :

- caractériser l'occupation du sol en 1986 et 2018 ;
- analyser les changements spatiaux de l'occupation du sol intervenus entre 1986 et 2018 ;
- identifier les facteurs responsables des modifications du paysage.

Zone d'étude

L'espace Bétibé est situé au sud-est de la Côte d'Ivoire (Figure 1),

précisément dans la région administrative du Sud Comoé, entre les latitudes 5°26'52'' et 5°00'27'' N et les longitudes 3°25'23'' et 2°49'58'' W.

Il est caractérisé par un relief essentiellement constitué de bas-plateaux de faibles altitudes (40 à 60 mètres). Sur la frange littorale, au voisinage des lagunes et de l'océan atlantique, ce relief prend l'allure de plaine côtière plus ou moins vallonnée. Les sols observés sont de types ferralitiques fortement lessivés en bases, de qualité chimique médiocre, et généralement profonds. Le climat est de type équatorial à quatre saisons, caractérisé par l'abondance des précipitations. La hauteur moyenne des pluies est de 1500 mm de pluie. Les températures sont élevées mais non excessives, constantes tout le long de l'année (avec une moyenne de 25°C). Les amplitudes thermiques sont faibles (inférieures à 5°C).

La végétation est dominée par la forêt dense humide qui s'est dégradée suite aux intenses activités humaines. On y rencontre également des formations hydromorphes composées de forêts marécageuses et de mangroves occupant les vallées, les bas-fonds et les alentours des lagunes. Sur le plan hydrographique, le pays Bétibé est drainé par les rivières Bia, Ahania, Tanoé et leurs affluents, et les lagunes Aby, Tendo, Ehy.

La population essentiellement rurale, est composée en majorité d'autochtones (Bétibé, Agni), d'allochtones (venus du nord et du centre) et d'allogènes (burkinabés et maliens). La principale activité économique de cette population est l'agriculture axée sur les cultures de rentes (palmier à huile, café, cacao, hévéa) et les cultures vivrières (manioc, banane plantain, etc.).

Méthodes

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol s'est appuyée sur des données et une méthodologie qui associe la télédétection et les SIG. Cette approche permet à la fois de générer des statistiques et des cartes sur l'état et l'évolution de l'occupation du sol.

1. Données

Les données utilisées dans cette étude sont de deux types. Il s'agit des images satellitaires Landsat TM de 1986 et OLI de 2018, et des données cartographiques. Ces images corrigées géométriquement ont été géo-référencées dans le système de projection UTM, zone 30 Nord. Elles ont servi à établir les cartes d'occupation du sol de l'espace d'étude. Les données cartographiques sont des couches vectorielles des localités et du réseau routier et hydrographique.

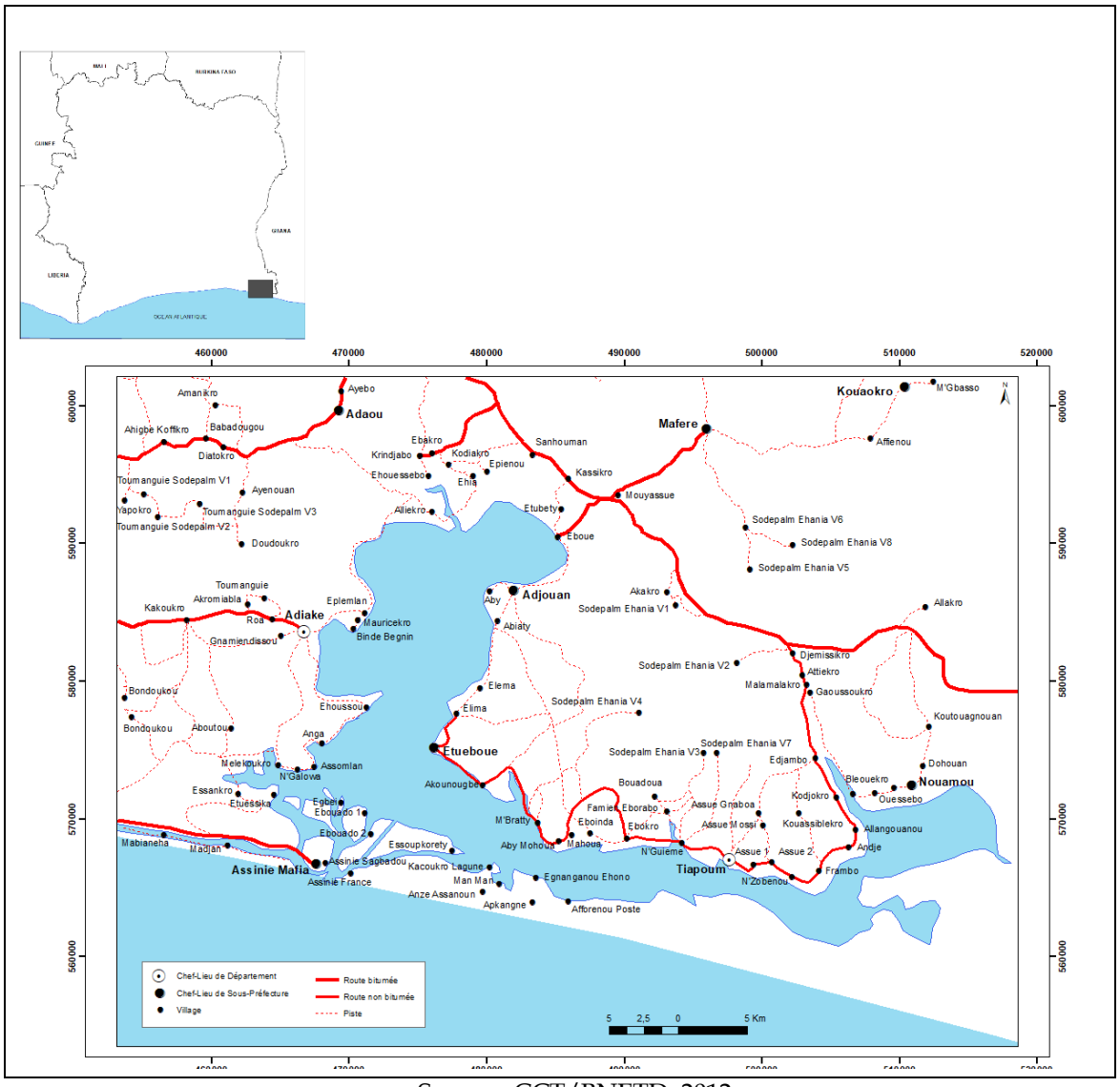
2. Cartographie de l'occupation du sol par Télédétection et SIG

2.1. Prétraitement

Le **prétraitement** regroupe les opérations qui sont normalement requises avant l'extraction de l'information. Ces opérations se résument en des **corrections radiométriques,** des **corrections géométriques et au** rehaussement de la dynamique des images.

Les fonctions de rehaussement visent à améliorer l'apparence de l'imagerie pour aider l'interprétation et l'analyse visuelles (P. Dusseux, 2014, p. 21). Dans le cadre de cette étude un rehaussement par étirement de contraste a été appliqué car il permet d'augmenter le contraste entre les cibles et leur environnement.

Figure 1: Présentation de la zone d'étude



Source : CCT/BNETD, 2012.

2.2. Procédure de classification et d'analyse d'image

Les compositions colorées sont des combinaisons de trois canaux affichés respectivement en rouge/vert/bleu, dans le but d'obtenir une image synthétique pour une meilleure discrimination des types d'objets géographiques. Dans cette étude, les compositions colorées (TM4, TM5, TM3) pour l'image de 1986, et (OLI5, OLI6, OLI4) pour l'image de 2018 ont été retenues car elles permettent une meilleure identification des thèmes à cartographier. Ces opérations ont conduit au choix des parcelles d'entrainements. Cinq échantillons ont été définis pour chaque classe, soit un total de 30 échantillons pour l'image de 2018 (6 classes), et 30 pour celle de 1986 (6 classes). Les coordonnées de ces échantillons ont été enregistrées dans un GPS pour une vérification sur le terrain.

Ces étapes ont abouti à la classification des images qui consiste à transformer les informations spectrales contenues dans les images en carte d'occupation du sol. La technique de classification choisie est la classification dirigée qui se prête mieux à l'élaboration des cartes d'occupation du sol en raison de ses bonnes performances (E. Fotsing, 2009, p. 17 et K. E. Konan, 2008, p. 55). L'algorithme utilisé est le maximum de vraisemblance, basé sur une approche probabiliste bayésienne qui suppose que les réponses spectrales des classes suivent une distribution de type gaussien. Les pixels sont ainsi classés selon la plus forte probabilité d'appartenir à une classe donnée (R. Caloz et C. Collet, 2001, p. 115).

Les images issues de la classification ont ensuite été évaluées à travers le calcul de la précision globale et du coefficient *kappa* et validées par une campagne de terrain. La précision globale donne des valeurs respectives de 84 % pour 1986 et 83 % pour 2018. Le deuxième indicateur, le coefficient *kappa* estimé respectivement à 94 % pour 1986 et 90 % pour 2018. En plus de ces indicateurs, la campagne de terrain effectuée a permis de vérifier la conformité du contenu thématique des images classifiées à la réalité du terrain. A la suite de ces différentes opérations de traitement des images, les résultats ont été soumis à une homogénéisation et à une vectorisation afin de les intégrer dans un environnement SIG.

Ainsi, un filtre de convolution (filtre médian 3x3) a été appliqué aux images classifiées pour éliminer les pixels isolés et rendre plus homogène le contenu thématique des types d'occupation du sol cartographiés. Les résultats de la phase d'homogénéisation ont été vectorisées et intégrés dans un Système d'Informations Géographiques pour leur gestion et leur analyse dans le but de la production de cartes et de statistiques.

Pour le traitement des images et la production cartographique et statistique, les logiciels Envi 5.3 et ArcGis 10.5 ont été utilisés.

Résultats

1. Les états successifs de l'occupation du sol de 1986 à 2018

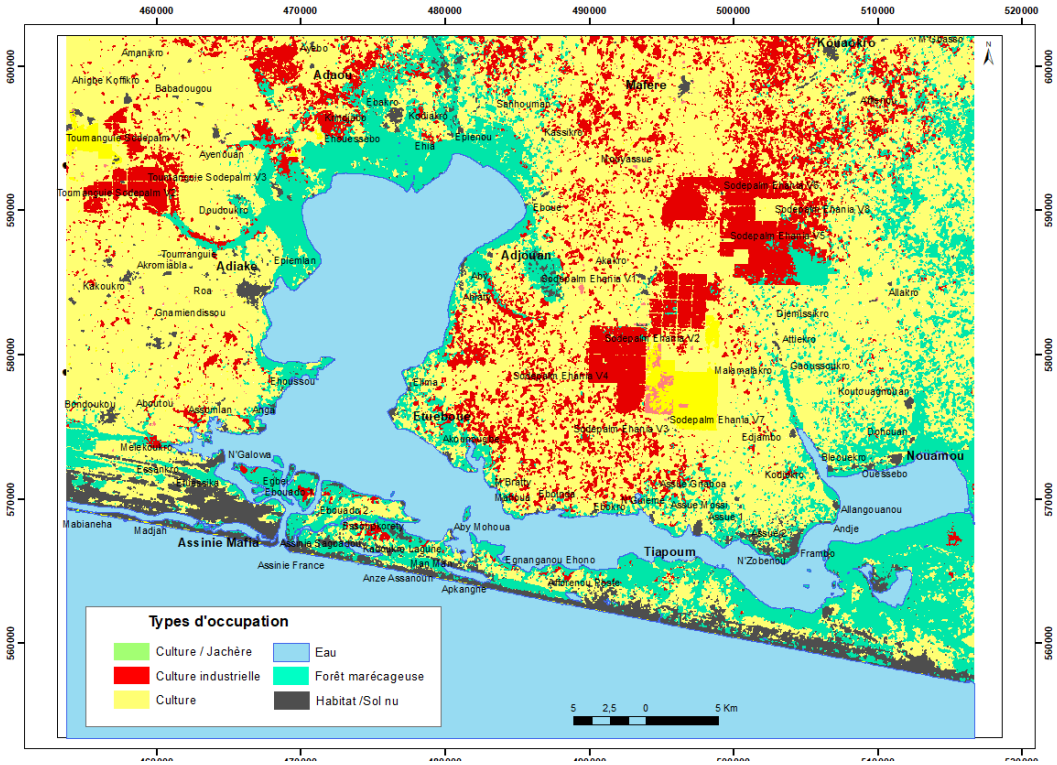
Dans cette partie, il s'agit de faire l'inventaire des types d'affectation au sol en 1986 et en 2018 puis d'analyser les changements intervenus.

Le pays Bétibé couvre une superficie totale de 243 976 ha, dont 42 340 ha de plan d'eau et 201 636 hectares de terre ferme en 1986 (Figure 2). Le rapport entre espaces naturels et espaces humanisés montre l'importance de l'empreinte spatiale des espaces humanisés, conséquence de l'intensité des activités de l'homme sur les paysages de la zone.

En effet en 1986, 159 348 ha soit 65,31% de l'espace d'étude est humanisé. Cette humanisation est essentiellement axée sur les espaces agricoles dont les composantes sont les surfaces de cultures et jachères, les plantations industrielles et les cultures. En effet, en 1986, les espaces agricoles représentaient 93,47 % des surfaces humanisés et 61,05 % du pays Bétibé. Sur ce total, les cultures occupent presque la moitié de l'espace avec 47,80 % et sont visible partout dans tout le paysage. Les mosaïques cultures et jachères et les plantations industrielles (en majorité des palmeraies) couvrent respectivement 1,49 % et 11,76 %. Les habitats et sols nus observés se résument en des localités avec un taux d'occupation de 4,26 %.

En 1986, les surfaces naturelles, hors mis les plans d'eau, étaient constituées par la forêt. Il s'agit des mangroves et des forêts marécageuses localisées principalement autour des lagunes. Ces surfaces forestières représentent environ 17,31 % de la superficie totale de la zone.

Figure 2: Occupation du sol en 1986



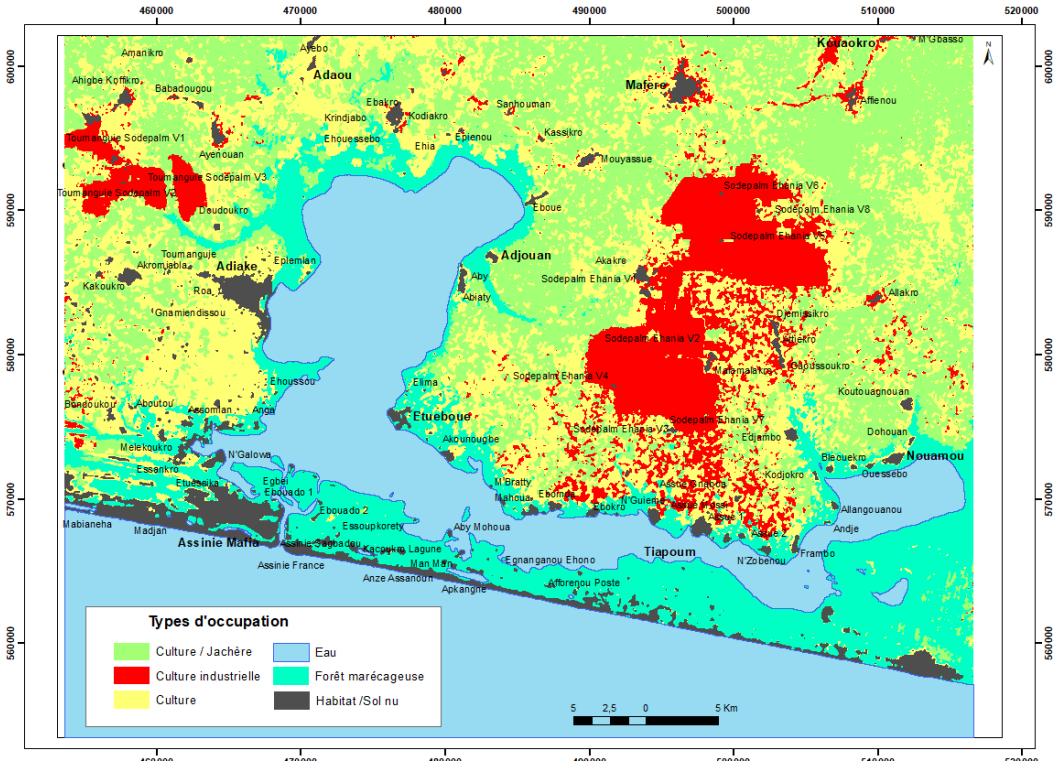
Source : Landsat TM, 1986

En 2018, sur une superficie totale de 243 976 ha, 39 688 ha sont occupés par les plans d'eau et 204 288 ha par la terre ferme (Figure 3). La comparaison entre espaces naturels et espaces humanisés montre toujours l'importance de l'empreinte spatiale des espaces humanisés, conséquence de l'intensité des activités de l'homme sur les paysages de la zone.

En effet, 80,91 % de la terre ferme du pays Bétibé est occupé par les surfaces humanisées. Les espaces agricoles (les surfaces de cultures et jachères, les plantations industrielles et les cultures) représentent les principales composantes de cette humanisation que connait la zone d'étude. L'analyse montre que les espaces de culture couvrent 25,5 %, les mosaïques cultures et jachères 28,37 % et les plantations industrielles 9,64 % de la superficie totale. Les habitats et sols nus observés sont des localités avec un taux d'occupation de 4,24 %. En 2018, la zone d'étude est fortement sous l'emprise des mosaïques cultures jachères.

Les surfaces naturelles sur la terre ferme sont représentées en 2018 par des formations forestières que sont les mangroves et les forêts marécageuses localisées principalement autour des lagunes avec un taux de couverture d'environ 15,98 %.

Figure 3: Occupation du sol en 2018

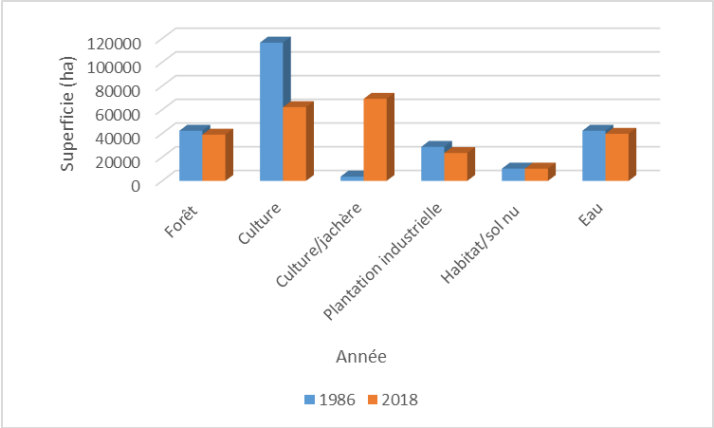


Source : Landsat OLI, 2018

L'analyse de l'occupation du sol entre 1986 et 2018 montre une variation dans la dégradation du couvert végétal. Les surfaces humanisées enregistrent une augmentation générale des superficies. En effet, de 159 348 ha en 1986, elles sont passées à 165 298 ha en 2018 soit une augmentation de 5 950 ha. Cependant, une analyse détaillée fait ressortir des nuances car, les différents types d'occupations font l'objet soit d'une augmentation, soit d'une régression des superficies (Figure 4). Ainsi les mosaïques cultures et jachères connaissent une augmentation avec des superficies qui passent de 3 639 ha en 1986 à 69 224 ha en 2018 soit un taux d'augmentation d'environ 26,88 %. Les autres types d'occupation rencontrés sur la terre ferre sont affectés par le phénomène de régression. Ainsi, les forêts, les espaces de cultures, les plantations industrielles et les habitats et sols nus ont perdu respectivement 1,33 %, 22,3 %, 2,12 % et 0,02 % de leurs superficies.

Les surfaces occupées par les eaux connaissent aussi une diminution de leur superficie qui est passée de 42 340 ha en 1986 à 39 688 ha en 2018 soit une perte de 2 652 ha. Cette situation peut s'expliquer par la baisse de la pluviométrie qui a pour conséquence la diminution du niveau des plans d'eau.

Figure 4: Superficies des types d'occupation du en 1986 et 2018



Source : Landsat TM, 1986 et OLI, 2018

2. Dynamique de l'occupation du sol, expression de la conjugaison de plusieurs facteurs humains.

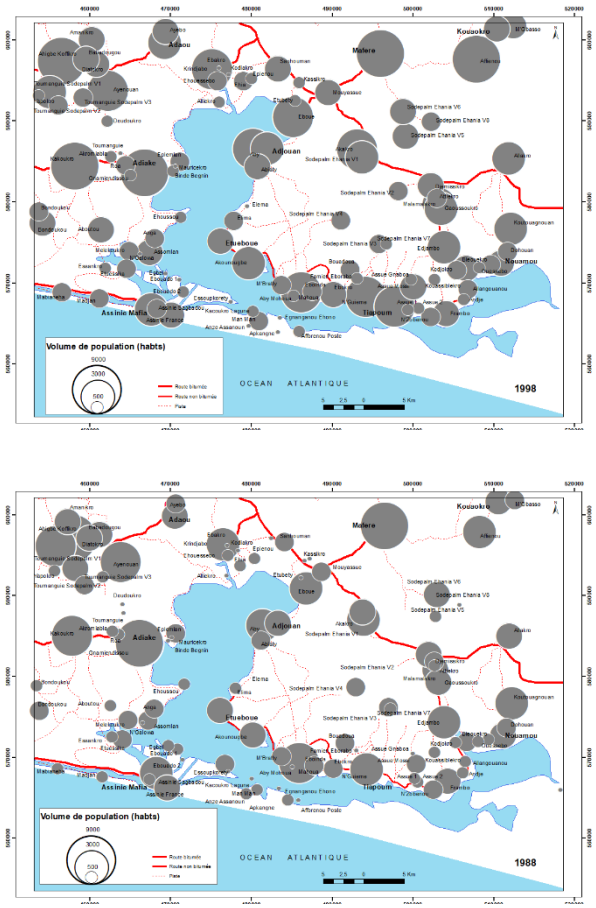
La dynamique de l'occupation du sol observée dans l'espace Bétibé est le reflet de la pression démographique, de l'extension des activités agricoles et de l'empreinte des systèmes de culture.

Avec une population de 111 800 habitants en 1988, 158 835 habitants en 1998 et 200 000 habitants en 2014 (RGPH 1988, 1998 et 2014), la zone demeure très peuplée avec d'importants foyers de peuplement (Figure 5). Cette population connait une nette augmentation de 1988 à 2014.

L'augmentation de la population entraine une intensification de la pression humaine dans la zone. Cette pression est matérialisée par l'accroissement des superficies agricoles. En effet la zone connait des transformations spatiales très importantes dues au développement et à la diversification des cultures de rentes. En 1986, les plantations de café et de cacao ainsi des plantations de palmiers constituaient les principales cultures de rente de la région. A ces cultures il faut ajouter l'existence des champs de cultures vivrières.

Dans la région, les paysans s'adonnent à une spéculation sur les cultures de rente. Cela se traduit dans l'espace par des changements d'affectation au sol. En effet, entre 1986 et 2018, des hectares de terres précédemment utilisés pour la culture du cacao, du café et des vivriers ont été remplacés par des pieds de palmier et d'hévéa. Ce qui explique la prédominance des mosaïques cultures et jachères.

Figure 5: Foyer de peuplement en 1988 et 1998



Source : INS, RGPH 1988, 1998

Discussion

La cartographie de l'occupation du sol à travers les techniques de la télédétection et des SIG, montre l'état des différents types d'affectation au sol et permet de retracer les mutations observées dans le pays Bétibé de 1986 à 2018.

L'algorithme de classification utilisé à savoir le maximum de vraisemblance, donne une précision globale de 84 % pour 1986 et 83 % pour 2018, et un coefficient *kappa* estimé à 94 % pour 1986 et 90 % pour 2018. Les valeurs de précision globale sont acceptables, car elles sont nettement au-dessus du seuil de référence des 80% requis par (M. C. Girard et M. C. Girard, 2010, p. 225). Elles sont similaires à celles obtenues par A. Kangah et *al.*, (2015, p. 6), dans une étude réalisée sur le canton Affema en zone forestière ivoirienne avec une précision globale de 87 % pour 1986 et 82 % pour 2014.

De même, les coefficients Kappa obtenus à la suite de la classification des images sont supérieurs à 80% donc excellents selon la classification de

Cunningham et Black (2009) qui stipule que le score obtenu est excellent lorsqu'il est compris entre [80-100], bon lorsqu'il est compris entre [61-80] et modéré lorsqu'il entre [21-60]. Les résultats de la présente étude respectent le principe de R. G. Jr Pontius (2000, p. 85) selon lequel, une étude de l'occupation des sols peut être validée si l'indice Kappa est au moins compris entre 50% et 75%.

Cependant, des confusions se sont produites entre la classe de cultures/jachères et celle des plantations industrielles. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les images ont été prises en saison humide, où la végétation pour la plupart boisée a tendance à avoir la même activité chlorophyllienne (K. E. N'guessan et *al*, 2006, p. 317). Cette même remarque a été faite par T. D. Soro et *al*. (2013, p. 88), dans une étude réalisée dans la zone de savane soudanienne ivoirienne où il montre que les images prises en saison sèche, où la végétation pour la plupart herbacée entre les plants des cultures annuelles a tendance à sécher (sans activité chlorophyllienne) pour se confondre aux sols nus.

Les cartes produites et les différents calculs statistiques effectués ont permis de mesurer l'évolution spatiale des différents types d'occupation du sol en pays Bétibé. La dynamique des types d'occupation du sol montre de façon générale une intensification des surfaces humanisées de 1986 à 2018. En effet, les dynamiques observées font apparaitre des superficies agricoles qui passent de 61,05 % en 1986 à 63,51 % en 2018 soit un accroissement de 2.46 %. Cette remarque est identique à celle des études menées par K. E. Konan et *al.* (2016, p. 130), dans la région de Soubré au sud de la Côte d'Ivoire à la même période. Il montre que les cultures du café et du cacao ont eu un impact négatif sur les forêts.

Les résultats sont confirmés par ceux de Y.T. Brou et J. L. Chaléard (2007, p. 70) qui estiment que l'augmentation démographique entraine dans la zone forestière, une intensification de la pression humaine matérialisée par l'extension des superficies agricoles avec une spéculation des cultures de rentes.

Conclusion

L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol de l'espace territoriale Bétibé s'est fait par l'interprétation des images satellites Landsat TM de 1986 et OLI de 2018. Les résultats cartographiques issus des traitements ont permis d'appréhender les différentes mutations spatiales des types d'occupation du sol.

Ces résultats montrent que l'espace Bétibé est sous l'emprise des espaces humanisés et plus précisément des activités agricoles avec 61,05 % en 1986 et 63,31 % en 2018. Cette intensification de la pression humaine est le fruit de l'action conjuguée de l'économie de plantation, de l'augmentation de la population et de la spéculation des cultures de rentes dont l'hévéa.

Cette étude à travers l'utilisation des outils de Télédétection et des SIG, est un moyen d'investigation et d'analyse des dynamiques d'occupation du sol et des interactions société/nature.

Références bibliographiques

BROU Yao Télesphore, CHALEARD Jean Louis, 2007, « Visions paysannes et changements environnementaux en Côte d'Ivoire », *Annales de géographie*, Armand Colin, p. 65-87.

CALOZ Régis et COLLET Claude, 2001, Traitement numériques d'image en télédétection. *Précis de télédétection*, vol. 3, Agence universitaire de la francophonie (AUF) et Presses de l'université du Québec, Montréal.

DUSSEUX Pauline, 2014, *Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole*, thèse de doctorat, Université Rennes 2, Repéré à https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01131770/document, consulté le 10 janvier 2020.

FOTSING Eric, 2009, *SMALL Savannah : Un système d'information pour l'analyse intégrée des changements d'utilisation de l'espace à l'extrême nord du Cameroun*, (S.l.), Universiteit Leiden.

KANGAH Armand, KONAN Kouadio Eugène, SYLLA Daouda, 2015, « Utilisation des technologies géospatiales pour l'évaluation des transformations spatiales dues aux pressions anthropiques dans le canton Affema (Sud-Est ivoirien) », *Photo-Interprétation, European Journal of Applied Remote Sensing*, vol. 51, n° 3, p. 12-21.

KOLI BI Zuéli, 1999, « Potentialités des paysages géomorphologiques et dynamique de l'occupation du sol dans le Centre-Nord ivoirien », *Les Cahiers Nantais*, nº 51, p. 117-129.

KONAN Kouadio Eugène, 2008, *Conservation de la diversité végétale et activités humaines dans les aires protégées du sud forestier ivoirien : L'exemple du Parc National d'Azagny*. Université de Cocody-IGT.

KONAN Kouadio Eugène, KANGAH Armand, KOUADIO Yao Daniel, 2016, « Analyse de la dynamique du couvert forestier dans le département de Soubré (Côte d'Ivoire) », *Revue scientifique du GDIS*, p. 125-138.

LECERF Remi, 2008, *Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection moyenne résolution (Application à la Bretagne)*. Université Rennes 2, Rennes.

GIRARD Michel-Claude, GIRARD Marie Colette, 2010, *Traitement des données de télédétection, Environnement et ressources naturelles*- Collection Sciences sup - Sciences de l'ingénieur, 2e Edition, Dunod.

N'GUESSAN Edouard, DIBI N'da Hyppolite, BELLAN Marie-France., 2006, « Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte d'Ivoire : apport de la télédétection », *Télédétection*, vol. 5, p. 307-323.

PONTIUS Robert Gilmore Jr, 2000, Quantification Error versus Location Error in Comparison of Categoterical Maps, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66 (8), pp.1011-1016

Secrétariat Exécutif Permanent de la REDD+ (SEPREDD), 2016, *Comment la déforestation affecte la macro-économie nationale*.

SORO Drissa Tanina, KOUAKOU Dje Bernard, KOUASSI Ahoussi Ernest, SORO Gbombélé, KOUASSI Amani Michel, KOUADIO Konan Emmanuel, YEI Oga Marie-Solange, SORO Nagnin, 2013, « Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) ». *VertigO*, vol. 13, nº 3, http://www.erudit.org /en /journals /vertigo /2013-v13-n3 vertigo 01538/1026870ar/abstract/, consulté le 07 janvier 2020.