



www.regardsuds.org

Revue de Géographie, d'Aménagement Régional et de Développement des Suds (REGARDSUDS)

01/03/2018

PREMIER NUMERO 2018

Institut de Géographie Tropicale – Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan-Côte
d'Ivoire)

ISSN 2414-4150

La ligne éditoriale

Pourquoi **REGARDSUDS** ? Si l'offre éditoriale dans le domaine de la géographie est abondante et diffuse à travers les nombreuses revues de géographie et disciplines connexes, il n'existe aucune revue de géographie axée spécifiquement sur l'Aménagement et le Développement des Suds. **REGARDSUDS** se donne pour mission de combler cet espace de connaissances et de productions scientifiques laissé vacant en lui apportant à travers la contribution des auteurs une réflexion théorique et pratique de haut niveau scientifique. La Revue souhaite vivement se positionner comme un lieu de débat pour tous les chercheurs en géographie, en urbanisme et en aménagement sur les questions de développement.

REGARDSUDS est au service des chercheurs, des praticiens et des doctorants.

L'équipe éditoriale

Directeur de la publication : IGT

Rédacteur en chef :

Dr KABLAN N'guessan Hassy Joseph, Maître de Conférences CAMES, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody (Abidjan), Institut de Géographie Tropicale (IGT).
kablanjoseph@yahoo.fr

Secrétariat de rédaction :

1-Dr. KASSI-DJODJO Irène, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).
irenekassi@yahoo.fr

2-Dr TRAORE Porna-Idriss, Maître-assistant, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).
traore.pornaidriss@yahoo.fr

3-Dr KOUASSI N'Guessan Gilbert, Maître-assistant, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).
Gilbertini2006@yahoo.fr

Concepteur scientifique du site

Dr TRAORE Porna-Idriss, Maître-assistant, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).
traore.pornaidriss@yahoo.fr

PERIODICITE : REVUE BIANNUELLE

Le comité scientifique de lecture

Affou Yapi Simplicie, Directeur de recherche, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Akines Francis, Professeur titulaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire
Ali Huzayyin, Professeur, Université de Caire, Egypte.

Aloko-Nguessan Jérôme, Professeur titulaire, département de géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Anoh Kouassi Paul, Professeur titulaire, département de géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Anthony D. May, Professeur, Université de Leeds (UK)

Assi-Kaudjhis Joseph, Professeur Titulaire à l'Université Alassane, Bouaké, Côte d'Ivoire.

Ayechero Koffi Akibodé, Professeur titulaire, Université de Lomé, Togo.

Bigot Sylvain, Professeur des Universités, Université Joseph Fourier de Grenoble, France.
Cheng-Min Feng, Professeur, Université Nationale de Chiao Tung China.
David Banister, Professeur, Université d'Oxford, UK.
Gogbe Téré, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.
Hauhouot Asseypo Célestin, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
Koffié-Bikpo Céline Yolande, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.
Koli Bi Zuéli, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.
Laetitia Dablanc, Directeur de Recherche, Institut Française des Sciences et Technologie de Transport, Développement et réseaux (IFSTTAR), France.
Ongolo Zogo Valerie, Professeur titulaire, Université de Yaoundé, Cameroun.
Rao Krishna/, Professeur, Institut Indienne de Technologie Bombay (IITB), India.
Tahar Baouni, Professeur, Ecole Polytechnique d'architecture et d'urbanisme d'Alger (Algerie) - Impact of LRT Alger.
Tapé Bidi Jean, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.
Yoshitsugu Hayashi, Professeur, Université de Nagoya, Japan.
Zoungrana Tanga Pierre (Université Joseph-Ki Zerbo de Ouagadougou, Burkina-Faso
Allah Della André, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët Boigny
Nassa Dabié Désiré Axel, Maître de conférences, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire. .

SOMMAIRE

Oumar SY ; Dramane CISSOKHO et Lat Grand NDIAYE

Lorsqu'un foyer d'émigration internationale dope l'usage du bois-énergie en pays soninké (Département de Bakel, Sénégal) [texte intégral]pp 5-19
Mars 2018 Espace, Société, Territoire

Yao Rémi N'DAHOULE, Bébé KAMBIRE, Constance BOKA ABETO, Yéboua KOBENAN,
Dégradation de la qualité du cadre de vie par l'implantation des activités économiques informelles dans les espaces publics à Yopougon Sogefiha Siporex 1 (Abidjan-Côte d'Ivoire)

[texte intégral]..... pp 20-35
Mars 2018 Espace, Société, Territoire

Kouamé TANO, Coulibaly SEIDOU, Siméon Koffi KRA

L'accès aux services de santé dans les localités rurales de la Côte d'Ivoire : cas de la Sous-préfecture de Grégbeu [texte intégral].....pp 36-50
Mars 2018 Espace, Société, Territoire

Paliouo Irie Lou Fidèle PONE, Stéphane Désiré Eckou N'DOLI, Kouassi Paul ANOH,
Mesure de l'accessibilité géographique aux infrastructures sanitaires par un outil SIG à Bouaflé [texte intégral]pp 51-63

Mars 2018 Cartographie, Imagerie, SIG

Vincent Oladokoun Agnila OREKAN

Dynamique de l'occupation des terres de la forêt classée de Savalou au Bénin [texte intégral].....pp 64-79
Mars 2018 Espace, Société, Territoire

DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES TERRES DE LA FORET CLASSEE DE SAVALOU AU BENIN

Vincent Oladokoun Agnila OREKAN

Maître de Conférences des universités du CAMES

Enseignant-Chercheur au Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Laboratoire de
Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE)

Université d'Abomey-Calavi ; Email : vincent.orekan@gmail.com

Résumé

La forêt classée de Savalou au Centre Bénin est soumise à de fortes pressions anthropiques qui induisent des changements dans le couvert végétal. La présente recherche vise à analyser la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de cette forêt. La méthodologie adoptée est axée sur la classification supervisée des images satellitaires Landsat, TM de 1986 et Landsat OLI/TIRS de 2016 ; appuyée par des enquêtes socio-économiques. L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol, aux moyens des techniques de télédétection et de système d'information géographique (SIG) révèle diverses conversions et une évolution régressive des formations naturelles au profit des formations anthropiques. Ainsi, les bilans d'évolution de 1986 à 2016 des savanes boisées et des savanes saxicoles sont respectivement de 34,06 % à 6,37 % et de 37,68 % à 11,36 %, tandis que ceux des plantations, des mosaïques de champs et jachères, et des agglomérations sont respectivement passés de 0,58 %, 0,62 %, 0,26 % en 1986 à 8,43%, 29,44%, 1,21% en 2016. Au cours de cette période, on assiste à une savanisation de la forêt aggravée par une anthropisation ; avec un bilan passant de 26,80 % à 43,19 %. L'analyse des données socioéconomiques positionne l'exploitation des ressources forestières comme la principale source de la dynamique de la forêt (85 %) suivie de l'agriculture (42 %). Ces deux facteurs, soutenus par la croissance démographique, constituent, selon les populations investiguées, la principale source de pression sur la forêt. Face à ces constats, des mesures appropriées méritent d'être envisagées pour freiner la fragmentation de cet écosystème forestier protégé, gage d'un développement humain durable.

Mots clés : Savalou, forêt classée, télédétection, système d'information géographique, développement durable.

LANDUSE CHANGE IN THE PROTECTED FOREST OF SAVALOU IN BENIN

Abstract

The Savalou protected forest in central Benin is subject to strong anthropogenic pressures that induce changes in vegetation cover. This research aims to analyze the spatio-temporal land-use changes of this forest. The methodology focuses on the supervised classification of Landsat TM, 1986, and Landsat OLI / TIRS, 2016 supplemented by socio-economic surveys. The land-use and land-cover change analysis based on remote sensing and GIS techniques revealed diverse conversions of natural formations in favor of anthropogenic formations. Thus, the assessment of the evolution from 1986 to 2016 of savanna woodlands and saxicol savannas are respectively from 34.06 % to 6.37 % and 37.68 % to 11.36 %, while that of plantations, mosaics of fields and fallows, and agglomerations respectively increased from 0.58 %, 0.62 %, 0.26 % in 1986 to 8.43 %, 29.44 %, 1.21 % in 2016. During this period, there is a savanization of the forest worsen by an anthropogenic transformation, with the final result of 26.80 % to 43.19 %. The analysis of the socio-economic data reveals that logging is the main source of the forest dynamic (85 %), and agriculture is the second source (42 %). These two factors, supplemented by population growth, constitute the main source of pressure on the protected forest. Given these findings, measures can be proposed to stop the large fragmentation of the forest for sustainable human development.

Key words: Savalou, protected forest, remote sensing, geographic information system, sustainable development.

Introduction

Les forêts sont des ressources essentielles pour l'existence de l'Homme et la sauvegarde de la biodiversité de la planète. Leur gestion durable est un gage de développement économique et social (A. Sebabe, 2011, p. 2). En effet, cette ressource naturelle fournit des services écosystémiques très utiles pour la satisfaction des besoins vitaux de l'homme. En raison de

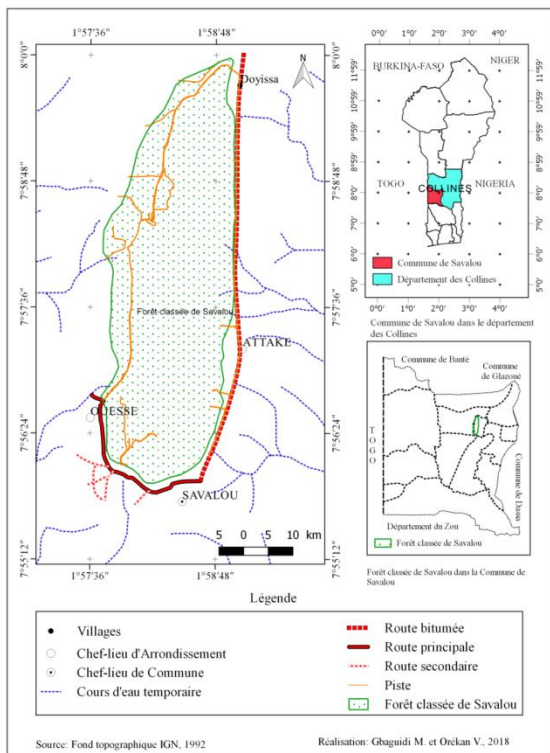
leur importance, ces massifs forestiers font davantage l'objet de pression anthropique surtout dans le contexte actuel caractérisé par une croissance démographique effrénée (A. Mahamane *et al.*, 2007, p. 297). Dans les pays tropicaux, une forte destruction du couvert végétal a été constatée au cours de ces dernières décennies, dans les forêts classées qui pourtant avaient été bien conservées jusque-là (D. Louppe, 2013, p. 46). La transformation des terres est certainement l'une des causes les plus importantes d'érosion de la biodiversité et de la dégradation des forêts. Les fronts pionniers, c'est-à-dire le recul de la forêt devant l'expansion des activités agricoles, constituent l'un des principaux facteurs de déforestation (V. O. A. Orékan, 2007, p. 81).

Au cours des trois dernières décennies, la destruction des ressources naturelles du Bénin et par ricochet les surfaces forestières, a évolué à un rythme assez inquiétant (C. J. Houndagba *et al.*, 2007, p. 4). Cette situation est induite principalement par la coupe de bois due à une croissance démographique, à l'élargissement des aires agricoles pour le défrichage, au feu de brousse, au surpâturage, au piétinement des animaux et à la mise à feu pour chasser des animaux. Pour préserver ces forêts et leur biodiversité contre cette pression anthropique, certains périmètres sont érigés depuis 1946 en aires protégées (JICA, 2000, p. 1). La forêt classée de Savalou est comptée parmi la cinquantaine de ces périmètres de statuts variés (forêts classées, périmètres de reboisement, parcs nationaux, zones cynégétiques, réserves partielles ou totales) du Bénin et qui font l'objet de suivi pour une gestion contrôlée. Dans ce contexte, l'occupation des terres est une variable fondamentale pour la planification régionale ainsi que pour l'étude et la compréhension de l'environnement aux fins de développement. Pour évaluer cette dynamique de l'occupation des terres en général et celle des ressources forestières en particulier, la technique la plus efficace est l'étude multi-date basée sur l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG). La présente recherche focalise l'attention sur l'analyse de la dynamique du couvert végétal de la forêt classée de Savalou à partir de l'utilisation de l'imagerie satellitaire couplée avec le SIG.

1. Milieu de recherche

La forêt classée de Savalou est située au Centre Bénin, entre 7°56 et 8° latitude Nord d'une part ; et entre 1°57 et 1°59 longitude Est, d'autre part (Figure 1). Elle est limitée au sud par la route Savalou-Aglamidjodji ; à l'ouest par la piste Ouèssè - Dohissa ; au nord par la piste de Dohissa à Moussongo et à l'est par la Route Nationale Inter Etats (RNIE 3) de Savalou à Djougou. Elle est sous l'influence du climat soudano-guinéen à deux saisons et une température moyenne annuelle de 28°C avec des maxima et des minima qui sont respectivement de 34,5°C et de 21,6°C. Elle est située à la lisière de la ville de Savalou et fait l'objet de convoitise de la part des populations tant urbaines que rurales.

Figure 1 : Situation géographique de la forêt classée de Savalou



2. Données et traitements

2.1. Données satellitaires et planimétriques

Les données utilisées sont les images satellitaires multi-spectrales Landsat (Thematic Mapper, Enhanced Thematic Mapper Plus et Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor) dont les caractéristiques sont détaillées ci-dessous (Tableau 1). Elles sont téléchargées à partir du site web de Global Land Cover Facility (GLCF). Google Earth a été consulté en appui aux images Landsat pour faciliter l'identification de certaines unités dont les signatures spectrales s'assimilent. Ainsi par exemple, les unités de savanes saxicoles et des champs et jachères affichent des signatures presque similaires. Outre les images satellitaires, le fond topographique IGN au 1/600 000 sur lequel figurent les informations géographiques de base telles que le réseau routier, le réseau hydrographique et les villages, a été utilisé comme fond de carte pour le système d'information géographique (SIG).

Tableau 1: Caractéristiques des données satellitaires utilisées

Satellite	Capteur	Path/Row	Date d'acquisition	Résolution spatiale (m)	Bandes spectrales
Landsat -5	TM	192/055	13/01/1986	30	b2 0,52-0,60 b3 0,63-0,69 b4 0,76-0,90
Landsat -8	OLI/TIRS	192/055	09/12/2016	30	b3 0,63-0,69 b4 0,76-0,90 b5 1,55-1,75

Source : <http://ftp.glcg.umiacs.umd/glcg/Landsat%20ou%20bien%20http://earthexplorer.usgs.gov>.

2.2. Données socio-économiques

Les enquêtes socio-économiques ont été organisées dans le secteur de recherche du septembre à octobre 2016, pour la collecte des données socio-économiques. Ces enquêtes ont ciblé les acteurs directs et indirects de l'exploitation des ressources naturelles des villages limitrophes à la forêt classée. Les données renseignées portent essentiellement sur les perceptions de la population sur les facteurs de dégradation et les mesures envisagées pour une gestion durable de la forêt classée. La technique d'enquête mise en œuvre est constituée d'entretien ou d'interview à partir d'un questionnaire et d'un guide d'entretien administrés à chaque cible selon le type. Ces outils d'enquête ont été administrés à un échantillon de 103 ménages choisis au sein de la population cible. Elle est constituée de plusieurs catégories : exploitants agricoles, exploitants de produits forestiers, agents forestiers et autorités locales. L'échantillon (par village/arrondissement) résulte de la prise en compte de l'un ou de plusieurs des critères ci-après: être chef de ménage agricole ; être âgé de plus de trente ans ; avoir vécu plus de 10 ans dans un village à proximité de la forêt; être exploitant de produits forestiers; autorité locale. La taille de l'échantillon constitué suivant un choix raisonné, est définie au moyen de la formule ci-dessous, inspirée de V. O. A. Orékan (2013, p.73 ; 2007, p. 50). Ainsi, le taux d'échantillonnage, fixé arbitrairement à 5,1 %, est appliqué à la population actualisée du secteur d'étude pour tous les arrondissements et villages limitrophes à la forêt (Tableau 2).

$$T_e = E_f \times T_s$$

Avec T_e : la taille de l'échantillon

E_f : l'effectif total des ménages par village

T_s : le taux de sondage fixé arbitrairement à 5,1 %.

Tableau 2 : Répartition de l'échantillon d'enquête par arrondissement et par village

Arrondissement	Village	Effectif de population	Nombre de chef de ménages enquêtés
Ouèssè	Ouèssè	716	37
	Tchogodo	554	28
Savalou Attakè	Logbo	747	38
Total	3	2017	103

Source : INSAE, 2013 et résultats de calculs

2.3 Traitement des données

Le traitement porte sur les données satellitaires et les données socio-économiques.

2.3.1 Traitement des données satellitaires

2.3.1.1 Interprétation visuelle des images satellitaires

En prélude à l'interprétation visuelle des images, une clé d'interprétation a été élaborée. C'est une opération qui consiste à afficher l'image à l'écran et à identifier les objets, et juger de leur signification et de leur importance (J. Oloukoi *et al.*, 2016, p. 143). L'interprétation est fondée non seulement sur les valeurs de réflectance de chacun des pixels de l'image, mais aussi sur les informations spatiales et spectrales des images (forme, couleur, taille, structure, texture, voisinage, ombre), les informations auxiliaires récoltées sur le terrain et la documentation existante sur la thématique et le milieu de recherche. Cette clé d'interprétation (Tableau 3) a permis d'identifier et de séparer les grandes unités de l'occupation des terres telles que les savanes boisées, les savanes saxicoles, les champs et jachères, les plantations et les agglomérations.

Tableau 3: Clé d'interprétation visuelle des images satellitaires

Unités d'occupation des terres	Composition RVB des bandes 4, 3 et 2	Composition RVB des bandes 5, 4 et 3
Plantations	Rouge foncé au rouge clair	Vert foncé au vert clair
Savanes		
Champs et jachères		
Agglomérations	Variation de cyan	Variation de magenta

Source : Résultat de l'interprétation des images et adapté de J. Oloukoi, 2012

A cette clé d'interprétation a été appliquée l'approche de classification supervisée au moyen de l'algorithme Maximum de vraisemblance à l'aide du logiciel Erdas Imagine.

2.3.1.2 Classification des images satellitaires et cartographie thématique des minutes de l'occupation du sol

La classification supervisée a consisté en la sélection d'un échantillon de pixels représentatifs des différentes unités d'occupation du sol identifiées sur l'image. Au total, soixante (60) aires d'entraînement ont été collectées, à raison de dix (10) par unités d'occupation du sol. L'algorithme maximum de vraisemblance du logiciel de traitement d'image Erdas Imagine (Version 8.5) a été utilisé pour classer les images satellitaires multi-dates (1986, 2016). Au terme de la classification, les résultats obtenus ont subi une vectorisation. La base de données vecteurs de l'occupation des terres ainsi obtenue a permis la réalisation, grâce au logiciel QGIS 2.14, de la minute des cartes thématiques.

2.3.1.3 Contrôle de terrain

La vérité terrain permet de confronter les résultats de l'interprétation des images aux réalités de terrain. Ainsi, se fondant sur l'appui substantiel apporté par Google Earth et les résultats des travaux antérieurs, cinq points (05) de contrôle géographique bien répartis ont été

relevés et contrôlés par classe. Un système de positionnement global (GPS) Garmin 60 CSX de précision 2 m a été utilisé à cet effet. Les informations enregistrées ont permis essentiellement de contrôler les unités d'occupation issues de la classification de l'image 2016. Les corrections sont faites par la suite avant la production finale des cartes d'occupation du sol, elles-mêmes précédées de l'évaluation de la classification dont elles sont issues.

2.3.1.4 Évaluation de la classification et validation des résultats

Il existe plusieurs méthodes conventionnelles d'évaluation de la précision thématique des résultats de la classification. Dans le cas d'espèce, la matrice de confusion, l'Indice de Validation Cartographique (IVC), l'Indice de Pureté des Classes (IPC) et l'indice de Kappa inspirés de Congalton cité par Oloukoi *et al.* (2016, p.145) sont utilisés. En effet, la matrice de confusion évalue la précision globale de la cartographie et des résultats de classification pour chacune des unités thématiques. Cette matrice permet de déterminer, en plus de l'IVC (équation 1) et de l'IPC (équation 2), les erreurs de commission (EC) et les erreurs d'omission (EO) du processus de la classification.

$$IVC = \frac{NCC_i}{NT_i} \quad \text{Equation 1}$$

$$IPC = \frac{NCC_i}{NC_i} \quad \text{Equation 2}$$

Avec NC_i le Nombre de pixels de la classe C_i , NT_i le nombre de pixels du thème T_i sur le terrain et NCC_i le nombre de pixels correctement classés dans la classe C_i .

Quant à l'indice de Kappa (IK), il permet d'évaluer dans la matrice de confusion, l'accord entre les résultats obtenus (carte) et la vérité sur le terrain (référence). Il s'étend de 0 à 1 et comporte cinq catégories : accord très faible de 0 à 0,20; accord faible de 0,21 à 0,40; accord modéré de 0,41 à 0,60; accord substantiel de 0,61 à 0,80; accord presque parfait de 0,81 à 1 (K. Islam *et al.*, 2017, p. 45 ; S. Chalifoux *et al.*, 2006, p. 12). Une étude de l'occupation des terres peut être validée si l'indice Kappa est compris entre 50 % et 75 %. L'indice Kappa (équation 3) est exprimé en termes de précision globale observée (équation 4) et de précision prévue (équation 5) :

$$k = \frac{a-b}{1-b} \quad \text{Equation 3}$$

Avec

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_c} x_{ii} \quad \text{Equation 4}$$

Et

$$b = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N_c} (x_{+i} \cdot x_{i+}) \quad \text{Equation 5}$$

Nc = Nombre de classes

N = Nombre total d'observations

xii = Nombre d'observations dans la colonne i

x+i = Total des observations dans la colonne i (total à droite dans la matrice)

xi+ = Total des observations dans la ligne i (total en bas de la matrice)

A la différence des autres indices, Kappa ne donne qu'une indication de précision générale qui ignore les spécificités de chaque classe d'occupation et d'utilisation des terres.

Les matrices de confusion pour les images Landsat TM 1986 et Landsat OLI-TIRS 2016 (Tableaux 4 et 5) ainsi que les indices calculés aux fins d'évaluer la précision des résultats de classifications sont illustrés comme ci-après :

- Validation de la classification de l'image satellitaire Landsat TM 1986

Pour évaluer la précision de la classification de l'image Landsat TM 1986, la matrice de confusion de l'image classifiée a été déterminée (Tableau 4).

Tableau 4: Matrice de confusion de l'image Landsat TM 1986

		Données classifiées						Total lignes	IVC %	EO %
Classe		SB	SAA	SS	PL	MCJ	AG			
Données de référence	SB	400	0	0	0	0	0	400	100	0
	SAA	25	237	1	0	0	0	263	90	10
	SS	6	10	441	0	0	0	457	96	4
	PL	5	0	0	200	0	0	205	97	3
	MCJ	5	0	0	4	250	0	259	96	4
	AG	0	0	0	0	0	4	4	100	0
	Total colonnes	441	247	442	204	250	4	1588		
	IPC %	90	95	99	98	100	100			
	EC %	10	5	1	2	0	0			

Source: Résultat de l'interprétation de l'image Landsat TM 1986

SB : Savane boisée ; SAA : Savane arborée et arbustive ; SS : Savane saxicole ; PL : Plantation ; MCJ : Mosaïque de cultures et jachère; AG : Agglomération ; IK: Indice de Kappa : 85 %, PG: Précision Globale : 96,47 %, IVC : Indice de Validation Cartographique ; IPC : Indice de Pureté des Classes ; EC : Erreurs de commission ; EO : Erreurs d'omission

Le tableau 4 montre le degré de fiabilité et les confusions opérées entre pixels au cours de la classification de l'image Landsat TM 1986. La ligne diagonale en couleur orange met en valeur les pixels bien classés au cours de l'échantillonnage des unités d'occupation du sol. Par contre, les cases en couleur bleu soulignent les pixels mal classés (confusion entre unités d'occupation du sol).

L'analyse du tableau révèle que très peu de confusion ont eu lieu entre pixels représentatifs des unités d'occupation du sol au cours de la classification. En effet, 25 pixels de la savane arborée et arbustive sont affectés aux savanes boisées. Malgré ces confusions, la précision globale de la classification est de 96,47 % tandis que l'indice de Kappa est de 85 %. En outre,

les valeurs élevées de l'Indice de Pureté des Classes (IPC) pour les différentes unités d'occupation indiquent qu'une bonne partie des classes d'occupation des terres ont été bien identifiées. En général, une classification n'est fiable et exploitable que si les pourcentages sont supérieurs à 80 %. Ainsi, on en déduit que le résultat de classification obtenu peut être validé (A. Descplnoy, 2010, cité par Y. El Hadraoui, 2013, p. 46).

- Validation de la classification de l'image satellitaire Landsat OLI/TIRS 2016

En suivant le même principe que pour l'image satellitaire 1986, la matrice de confusion de l'image Landsat OLI-TIRS classifiée a été établie (Tableau 5) :

Tableau 5: Matrice de confusion de l'image Landsat OLI-TIRS 2016

		Données Classifiées						Total	ICV %	EO %
		SB	SA	SS	PL	MCJ	AG			
Données de référence	Classe									
	SB	221	1	0	0	0	0	222	98	2
	SAA	4	257	5	0	0	0	266	96	4
	SS	1	0	595	0	2	0	598	99	1
	PL	2	0	0	95	0	0	97	97	3
	MCJ	4	0	0	0	360	0	364	99	1
	AG	0	0	0	0	0	41	41	100	1
	Total	232	258	600	95	362	41	1588		
	IPC %	93	99	99	100	99	100			
	EC %	7	1	1	0	1	0			

Source: Résultat de l'interprétation de l'image Landsat OLI-TIRS 2016

SB : Savane boisée ; SAA : Savane arborée et arbustive ; SS : Savane saxicole ; PL : Plantation ; MCJ : Mosaïque de cultures et jachère ; AG : Agglomération ; IK: Indice de Kappa : 83 %, PG: Précision Globale : 98,80 %, IVC : Indice de Validation Cartographique ; IPC : Indice de Pureté des Classes ; EC : Erreurs de commission ; EO : Erreurs d'omission.

L'analyse du tableau révèle que très peu de confusion ont eu lieu entre pixels représentatifs des unités d'occupation du sol au cours de la classification. Quatre (04 pixels) de la savane arborée et arbustive sont affectés aux savanes boisées. La précision globale de la classification est de 98,80 % tandis que l'indice de Kappa est de 83 %. En outre, les valeurs élevées de l'IPC et de l'IVC pour les différentes unités d'occupation indiquent qu'une bonne partie des classes d'occupation des terres ont été bien identifiées. Le résultat de la classification peut donc être validé car les valeurs des divers indices sont supérieures à 80 % (Ibid, op. cit).

Au total, au regard des valeurs des différents indices (Kappa, PG, IVC et IPC) obtenues, on note qu'il existe un accord presque parfait entre les deux classifications et les données de référence. Les classifications comportent donc très peu de confusions. En conséquence, elles peuvent être validées bien que de négligeables insuffisances (confusions) sont notées. Les cartes d'occupation des terres multi-dates qui en résultent peuvent faire l'objet d'analyse des changements spatio-temporels.

2.3.1.5 Analyse des changements intervenus dans l'occupation des terres de la Forêt classée de Savalou

L'analyse de la dynamique de l'occupation des terres permet de mettre en évidence et de quantifier les changements qui se sont opérés dans les unités d'occupation des terres. Pour ce faire, la classification de 1986 est comparée à celle de 2016. Pour détecter ces changements et mieux comprendre les différents types de conversion entre les unités de l'occupation du sol et de faire des projections, les matrices de transition ont été déterminées (A. Singh, 1989, p. 997). L'évolution des unités d'occupation du sol est marquée par trois cas de figure. Il s'agit des « modifications » et des « conversions » des unités qui s'opposent aux unités « sans changement ». Par « modification » il faut comprendre les changements intervenus à l'intérieur d'une même catégorie d'occupation du sol comme par exemple savane arbustive qui devient steppe arbustive ou vice versa. La « conversion » est le passage d'une catégorie à une autre comme par exemple les savanes saxicoles qui deviennent des champs et jachères. Le terme « sans changement » se rapporte aux unités qui n'ont été affectées ni par les modifications, ni par les conversions (A.S. Mamadou, 2009, p. 8). La matrice de transition a été générée à partir du croisement des cartes d'occupation du sol des dates t_0 et t_{0+1} (1986-2016) à l'aide de la fonction «Intersection» de la boîte à outil du logiciel QGIS 2.14.

2.3.2 Traitement des données socio-économiques

Le traitement des données socio-économiques a consisté dans un premier temps à regrouper tous les questionnaires et fiches d'entretien. Le dépouillement a été ensuite réalisé au moyen du logiciel Sphinx. Il a consisté à codifier au préalable toutes les fiches d'enquête. Ainsi, toutes les informations issues du traitement des données collectées et les statistiques extraites des résultats cartographiques ont été exploitées aux fins d'illustrations tabulaires, graphiques et des analyses statistiques grâce au logiciel Excel.

3 Résultats

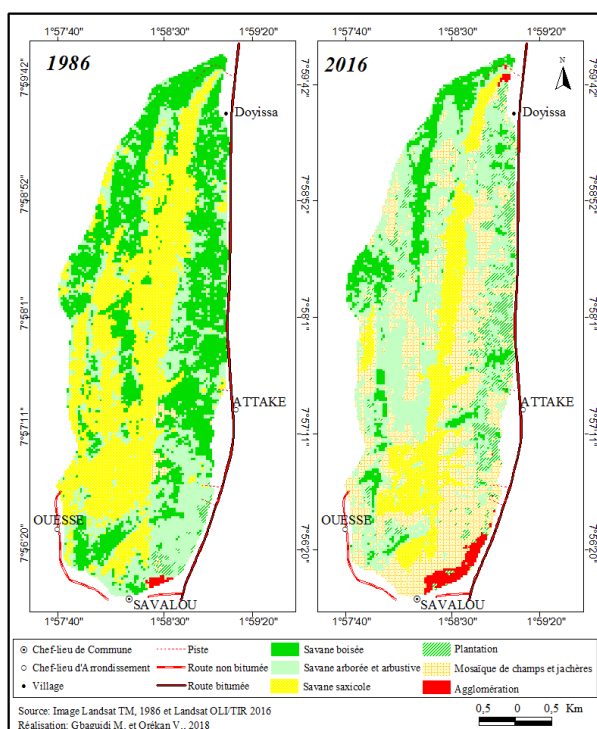
3.1 Dynamique de la forêt classée de Savalou entre 1986 et 2016

Au regard de la nomenclature retenue pour la classification des images satellitaires, six (06) classes d'occupation des terres sont distinguées. Il s'agit des savanes boisées, des savanes arborée et arbustive, des savanes saxicoles, les plantations, des champs et jachères et les agglomérations. En dehors des agglomérations situées à la lisière de la forêt, elle est en dominance occupée par des formations végétales. Ces dernières sont constituées des formations relativement naturelles (savanes boisée, arborée, arbustive et saxicole) et des formations anthropisées (plantations, champs et jachères). En Afrique tropicale, la savane est en effet définie comme "une formation herbeuse comportant une strate herbacée supérieure continue d'au moins 80 cm de hauteur, qui influence une strate inférieure..." (E. Adjanohou, 1964, p. 123). L'expression savane saxicole est attribuée ici à la formation savanicole affleurant un substratum rocheux. L'unité savane saxicole adoptée dans le cas d'espèce, se traduit par une mosaïque de savanes présentes sur la colline de Savalou.

L'analyse de l'occupation des terres de la forêt sera dès lors orientée vers l'analyse des formations végétales. Elles sont illustrées par deux cartes d'occupation, états 1986 et 2016

(Figure 2). Ces cartes révèlent une nette variation des différentes unités d'occupation du sol (Figure 2). La couverture allongée des savanes boisées, savanes arborées et savanes saxicoles en 1986 divise longitudinalement presque en deux parties égales la forêt classée. Les savanes boisées, arborées et arbustives occupent de façon homogène le versant est de la forêt et le versant ouest à un taux d'environ 20 %. La savane saxicole occupe plutôt le versant ouest à plus de 80 %. En 2016, une nette prépondérance des mosaïques de champs et jachères et des aires de plantations s'observe. La savane arborée et arbustive occupe le versant ouest tandis que quelques lambeaux de savane boisée persistent au nord du périmètre. Enfin, les savanes saxicoles parcourent le sommet de la colline du nord au sud, avec une étendue un peu plus considérable au sud. Enfin, l'agglomération s'est plus étendue au sud-est du périmètre.

Figure 2 : Occupation des terres de la forêt classée de Savalou en 1986 et 2016



On note donc une nette régression de la savane boisée et de la savane saxicole au profit des savanes arborée et arbustive et des formations anthropisées (extension champs et jachères, des plantations et des agglomérations). Cette évolution est illustrée par le tableau 6.

Tableau 6 : Evolution des formations végétales entre 1986 et 2016

Classe	Occupation en 1986		Occupation en 2016		Bilan (%)	Type d'évolution
	Surface (ha)	%	Surface (ha)	%		
SB	450,54	34,06	84,31	6,37	-27,69	R
SAA	354,51	26,80	571,26	43,19	16,39	P
SS	498,33	37,68	150,23	11,36	-26,32	R
PL	7,65	0,58	111,45	8,43	7,85	P
MCJ	8,19	0,62	389,44	29,44	28,82	P
AG	3,42	0,26	15,95	1,21	0,95	P
Total	1322,64	100	1322,64	100	0,00	

Source: Résultat de l'interprétation des images 1986 et 2016

SB : Savane boisée ; **SAA** : Savane arborée et arbustive ; **SS** : Savane saxicole ; **PL** : Plantation ; **MCJ** : Mosaïque de champs et jachère; **AG** : Agglomération ; R : Régression ; P : Progression

L'examen de ce tableau montre que de 1986 à 2016, les plus importants changements s'observent au niveau de la savane boisée et la savane saxicole (régressions respectives de 27,69 % et 26,32 %), d'une part ; et au niveau de la mosaïque de champs et jachères, de la savane arborée et arbustive, des plantations et des agglomérations (progressions respectives de 28,82 %, 16,39 %, 7,85 % et 0,95 %), d'autre part.

L'analyse de la dynamique de l'occupation des sols de la forêt est faite au moyen de la matrice résultant de la détection des changements obtenus à partir de la classification des images de 1986 et de 2016 (Tableau 7).

Tableau 7: Matrice de transition de l'occupation du sol au cours de la période 1986- 2016

		2016						
1986	Classe	SB	SAA	SS	PL	MCJ	AG	Total
	SB	81,41	277,4	0	0,7	90,48	0,54	450,53
	SAA	0	190,8	0	103,07	48,65	11,99	354,51
	SS	2,9	103,06	150,23	0,03	242,11	0	498,33
	PL	0	0	0	4,65	3	0	7,65
	MCJ	0	0	0	3	5,19	0	8,19
	AG	0	0	0	0	0	3,42	3,42
	Total	84,31	571,26	150,23	111,45	389,43	15,95	1322,64

Source: Croisement des statistiques de l'évolution diachronique de l'occupation du sol de 1986-2016

SB: Savane boisée, **SAA**: Savane arborée et arbustive; **SS**: Savane saxicole, **PL**: Plantation, **MCJ**: Mosaïque de cultures et jachères, **AG**: Agglomération

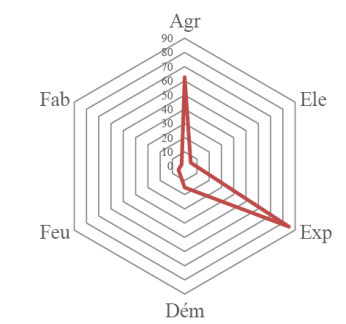
L'examen du tableau 7 révèle d'importants changements qui se sont opérés entre 1986 et 2016. Au niveau de la savane boisée 277,4 ha de sa superficie se sont transformés en savane arborée et arbustive tandis que 81,41 ha de sa superficie sont restés stables. Quant à la savane arborée et arbustive, 190,8 ha de sa superficie sont restés stables au cours de la période. Par contre, 103,07 ha, 48,65 ha et 11,99 ha de sa superficie ont été convertis respectivement en plantations, mosaïque de champs et jachères et en agglomération. Pour la savane saxicole,

242,11 ha de sa superficie ont été convertis essentiellement en mosaïque de champs et jachères.

3.3 Facteurs explicatifs de l'évolution de la forêt classée de Savalou

La forêt classée de Savalou subit plusieurs pressions de différentes sources. Au cours des enquêtes de terrain, des informations ont été recueillies au sujet des facteurs de dégradation de la forêt. La figure 3 révèle que l'exploitation des ressources forestières est retenue par les populations locales comme le principal facteur de dégradation de la forêt (85 %) et l'agriculture, le second pour 42 % (Figure 3).

Figure 3 : Perception de la population sur les facteurs de dégradation de la forêt



Source : Enquête de terrain, septembre, octobre, 2016

Agr : Agriculture ; **Exp** : Exploitation forestière ; **Dém** : Démographie ; **Ele** : Elevage ; **Fab** : Fabrication du charbon ; **Feu** : Feux de végétation.

Ces facteurs sont reconnus par tous les enquêtés comme étant les conséquences directes de la croissance démographique. Les autres facteurs tels que : l'élevage, les feux de végétation, et la fabrication du charbon de bois sont considérés comme des facteurs indirects ou intermédiaires de dégradation qui présentent moins d'impact sur la forêt.

4. Discussion

4.1. Dynamique de l'occupation du sol

La présente recherche a analysé la dynamique de l'occupation du sol de la forêt classée de Savalou entre 1986 et 2016. Pour ce faire, la technique de "classification supervisée par maximum de vraisemblance" a été utilisée. C'est l'une des techniques les plus couramment utilisées dans la détection de changement (R. Varun et P. Mansi, 2017, p. 2225 ; A. S. Mamadou, 2009, p. 6 ; V. O. A. Orékan, 2013, p. 52). Les cartes d'occupation du sol et de l'utilisation des terres (états 1986 et 2016) qui en résultent ont été évaluées aux moyens de différents indices (Kappa, IVC, IPC et matrice de confusion) et l'analyse des changements grâce à la matrice de transition. Les résultats obtenus attestent un accord presque parfait entre les classifications et les données de référence. Les principaux changements observés se traduisent par des modifications et des conversions. Ainsi, la détection des changements, a montré que certaines formations naturelles se sont converties en formations anthropiques. A

l'opposée, certaines formations naturelles ou anthropiques se sont transformées en des unités naturelles, d'une part, et des unités anthropiques, d'autre part. Ces résultats confirment ceux obtenus par J. Oloukoi *et al.* (2016, p. 150) ; I. Toko Imorou *et al.* (2015, p. 167) dans leur étude sur la dynamique spatio-temporelle de la végétation de la forêt classée de Bellefougou au Nord-Ouest du Bénin. Leurs études ont montré une évolution régressive du couvert végétal naturel au profit des formations anthropiques, notamment les plantations. Les mêmes constats ont été faits par V. O. A. Orékan (2013, p. 26) quant à la dégradation des formations végétales de la forêt classée de N'Dali au Bénin. Ces dernières ont été appliquées sur des images Landsat dont la résolution de 30 m ne garantit pas une précision de 100 % après classification ; ce qui a été révélé par quelques erreurs de confusions. C'est pourquoi, pour garantir une fiabilité de l'interprétation des images satellitaires, le recours à une imagerie satellitaire de grande résolution serait souhaité pour déceler plus de détails sur des écosystèmes forestiers de taille réduite comme la forêt classée de Savalou (1015 hectares). Les études approfondies envisagées dans ce cadre feront usage des photographies aériennes (résolution 0,45 m) ou des ortho-photos (prévus 0,10 m en planimétrie et 0,15m en altimétrie) qui seront disponibles au terme du projet de cartographie numérique du Bénin (en cours). Au total, bien que certaines unités aient gardé quelques superficies inchangées, le couvert végétal de la forêt classée de Savalou a connu d'importants changements dans le temps et dans l'espace. Ces modifications ou conversions sont le résultat de la conjugaison de plusieurs causes ou facteurs.

4.2. Facteurs explicatifs de la dynamique de la forêt classée de Savalou

Des changements importants ont été observés dans l'évolution de la forêt classée de Savalou. Entre 1986 et 2016, les formations anthropiques se sont accrues considérablement au détriment des formations naturelles. On peut alors présumer que la dynamique de cette forêt est surtout imputable aux activités anthropiques. Au regard des déclarations des populations locales, l'exploitation forestière qui implique la coupe des arbres en vue du commerce du bois d'œuvre, et les feux de végétation contribuent littéralement à la destruction de la forêt. La coupe du bois cible principalement les espèces végétales comme : *Prosopis africana* ; *Vitellaria paradoxa* ; *Afzélia africana* ; *Khaya senegalensis* ; *Ceiba pentadra* ; *Tectona grandis* ; *Anogeissus leiocarpus* et *Pterocarpus erinaceus*. Ces résultats confirment ceux obtenus par I. Toko Imorou *et al.* (2015, p. 168) sur la forêt classée de Bellefougou au Nord-Ouest du Bénin. L'étude montre que l'exploitation des ressources forestières est caractérisée par une surexploitation des essences de valeurs telles que *Isobertinia tomentosa*, *Milicia excelsa*, *Afzélia africana*, *Khaya senegalensis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus* et *Diospyros mespilisformis*, sans le moindre souci de leur renouvellement. Les auteurs F. D. Gbaguidi (2013, p. 63) et C. J. Houndagba *et al.* (2007, p. 8) confirment également ce constat et établissent dans leurs travaux que les activités agricoles et d'exploitation forestière sont les principales causes de dégradation des écosystèmes forestiers.

Par ailleurs, l'installation de nouveaux champs par la pratique des feux de végétation et le pâturage, participent aussi de la réduction du couvert végétal. En effet, la commune de Savalou est l'une des meilleures zones productrices de l'igname (*Dioscorea spp.*), de la farine de manioc (*Manihot esculenta*) et du maïs (*Zea mays*). Ces cultures nécessitent souvent le

défrichage et les feux de végétation, toutes pratiques qui concourent à la destruction du couvert végétal. Plusieurs auteurs ont aussi relevé ce constat selon lequel l'agriculture est également un facteur de régression du couvert végétal (M. Djaouga *et al.*, 2015, p. 82).

Enfin, tous ces constats se justifient par la nécessité de la satisfaction des besoins humains de plus en plus croissants imposés par la croissance démographique galopante, source de pression sur le couvert végétal.

Au total, quatre facteurs anthropiques pourraient expliquer la dynamique de la forêt classée de Savalou : l'agriculture familiale, les plantations, la croissance démographique et l'extension urbaine.

Conclusion

L'utilisation des techniques de la de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographiques a permis l'analyse de la dynamique spatio-temporelle de la forêt classée de Savalou sous la période 1986-2016. Les statistiques issues de la classification supervisée des images multi-dates Landsat (1986, 2016) appuyée par des campagnes de contrôle terrain ont révélé que malgré le caractère protégé de cette forêt, de profondes mutations y sont observées, en l'occurrence au niveau des différentes unités du couvert végétal qui la constituent. Ainsi, une forte régression des formations naturelles (savane boisée, savane arborée et arbustives et savanes saxicoles) est observée au profit des formations anthropiques notamment les mosaïques de cultures et jachères, les plantations et les agglomérations. Sur la base des enquêtes socio-économiques réalisées dans le milieu de recherche, plusieurs facteurs sont à l'origine des changements (transformations et conversions) observés. Au nombre de ces facteurs, l'exploitation des ressources forestières et l'agriculture constituent les principales sources de cette dynamique. Il faut noter que ces deux grands facteurs sont les conséquences immédiates de la poussée démographique dans le milieu de recherche. Face à cette situation, il urge d'envisager des mesures opérationnelles afin de freiner la fragmentation de cet écosystème forestier protégé, gage d'un développement humain durable.

Références bibliographiques

ADJANOHO Edouard, 1964, *Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire*, Paris, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), 238 p., url : <https://core.ac.uk/download/pdf/39891826.pdf>

CHALIFOUX Stéphane, NASTEV Miroslav, LAMONTAGNE Charles, LATIFOVIC Rasim et FERNANDES Richard, 2006, «Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire LANDSAT en hydrogéologie», *Télédétection*, Vol. 6, No 1, p. 9-17

DJAOUGA Mama, HOUNDAGBA Cossi Jean, TOKO IMOROU Ismaïla, THOMAS Omer, SINSIN Brice, 2015, «Dynamique spatio-temporelle de l'aire urbaine de Kandi et des terres de parcours naturels périurbains au Nord du Bénin (Afrique de l'ouest)», in SINSIN Brice, GBETO Flavien et TENTE Brice (edit.), 2015, *Mélanges Jean Pliya*, DGAT/FLASH/UAC, p. 65-86

El HADRAOUI Youssef, 2013, *Étude diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg (Maroc) à partir des données de l'Observation de la Terre*, Sciences de l'ingénieur [physics], 88 p.

GBAGUIDI Aholidji Humbert Ulrich, 2011, *Décentralisation et gestion des réserves forestières : cas des forêts classées de la commune de Savalou*, mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS), CIFRED, UAC, 113 p.

HOUNDAGBA Cossi Jean, TENTE Agossou Brice Hugues et GUEDOU Raoul, 2007, «Dynamique des forêts classées dans le cours moyen de l'Ouémé au Bénin, Kétou, Dogo et Ouémé-Boukou», in FOURNIER Anne, SINSIN Brice, MENSAH Guy Apollinaire (dir.), 2007, *Quelles aires protégées pour l'Afrique de l'Ouest ?*, éditions IRD, DOI : 10.4000/books.irdeditions.8001, p. 369-380

ISLAM Kamrul, JASHIMUDDIN Mohammed, NATH Biswajit, NATH Tapan Kumar, 2018, «Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh» *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 21 (2018), p. 37-47, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.12.005>

JICA, 2000, *Etude sur la cartographie, l'inventaire et la gestion des forêts classées dans la zone nord du Bénin*. Rapport final, décembre 2000. 271 p.

LOUPPE Dominique, 2013, *Etude sur l'exploitation forestière et les contraintes d'une gestion durable des forêts dans le domaine rural en Côte d'Ivoire*, Technical Report, December 2013 DOI: 10.13140/RG.2.1.5017.3047. 67 p

MAHAMANE Ali, MAHAMANE Saadou, YACOUBOU Bakasso, ISSAKA Abassa, ICHAOU Aboubacar, SALEY Karim, 2007, «Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger)», *Sécheresse*, 18 (4), p. 296-304

MAMADOU Adama Saar, 2009, «Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat», *Cybergeog, Environnement, Nature, Paysage*, 472, 16 p. <http://journals.openedition.org/cybergeog/22707>

OLOUKOI Joseph, OREKAN Vincent Oladokoun Agnila, et MAMA Vincent Joseph, 2016, «Potentialités des images Nigériasat-1 dans la cartographie de la structure de la végétation au centre du Bénin», *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 28 (2016), 134-156.

OREKAN Vincent Oladokoun Agnila, 2013, «Dynamique prospective de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres dans la commune de Zangnanado (Sud-Bénin)», *Rev. Sc. Envi. Univ.*, Lomé (Togo), 2013, n°010, p. 63-90.

OREKAN Vincent Oladokoun Agnila, 2007, *Implémentation du modèle local CLUE-s, à la dynamique de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de la télédétection*, Thèse de doctorat unique, Université de Rheinische friedrich-wilhelms de Bonn, 230 p.

SEBABE Agoro 2011, *Gestion environnementale de forêt classée de Missahoe au Togo*. Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières, Direction de l'Environnement, 13 p.

SINGH Ashbindu, 1989, «Digital change detection techniques using remotely sensed data» *International Journal of Remote Sensing*, Vol.10, No.6, p. 989-1003

TOKO IMOROU Ismaïla, MOUSSA A D, DJAOUGA Mama, AROUNA Ousséni, ZAKARI Soufouyane, THOMAS Omer, 2015, «Dynamique spatio-temporelle de la végétation de la forêt classée de Bellefoungou au Nord-Ouest du Bénin», in SINSIN Brice, GBETO Flavien et TENTE Brice (edit.), 2015, *Mélanges Jean Pliya*, DGAT/FLASH/UAC, p. 155-172

VARUN Rawat, MANSI Puri, 2017, «Land Use/Land Cover Change Study of District Dehradun, Uttarakhand using Remote Sensing and GIS Technologies», *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, Volume 6, Issue 1, ISSN 2320 – 0243, Crossref: 10.23953/cloud.ijarsg.281, DOI: <https://doi.org/10.23953/cloud.ijarsg.281>, p. 2223-2233