



**HAL**  
open science

# DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL EN ZONE D'AGRICULTURE EXTENSIVE: CAS DU SECTEUR NATITINGOU-BOUKOUMBE AU NORD-OUEST DU BENIN

Bidossessi Thierry Agbanou, Orekan a O Vincent, Abdoulaye Djafarou,  
Martin Paegelow, Brice Tente

► **To cite this version:**

Bidossessi Thierry Agbanou, Orekan a O Vincent, Abdoulaye Djafarou, Martin Paegelow, Brice Tente. DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL EN ZONE D'AGRICULTURE EXTENSIVE: CAS DU SECTEUR NATITINGOU-BOUKOUMBE AU NORD-OUEST DU BENIN. Mélanges en hommage aux professeurs Thomas Omer, Houssou Sègè Christophe et Houndaga Cossi Jean. La géographie au service du développement durable, Sep 2018, Abomey-Calavi, Bénin. pp.22-34. hal-02092545

**HAL Id: hal-02092545**

**<https://univ-tlse2.hal.science/hal-02092545>**

Submitted on 8 Apr 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL EN ZONE D'AGRICULTURE EXTENSIVE : CAS DU SECTEUR NATITINGOU-BOUKOUMBE AU NORD-OUEST DU BENIN

AGBANOU BIDOSSESSI THIERRY <sup>(1,2)</sup>, OREKAN A. O. VINCENT <sup>(1)</sup>, ABDOULAYE DJAFAROU <sup>(1)</sup>, PAEGELOW MARTIN <sup>(2)</sup>, TENTE BRICE <sup>(1)</sup>

(1) Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE/UAC/), thierry.agbanou@gmail.com

(2) Géographie de l'Environnement (GEODE), Université de Toulouse Jean Jaurès (France)

**RESUME :** L'intense activité agricole dégrade la végétation spontanée dans le nord-ouest du Bénin. L'objectif de cette étude est de cartographier la dynamique de l'occupation du sol dans ce secteur du Bénin, une zone dont le climat et les sols sont favorables au développement des activités agricoles. Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont essentiellement des images satellitaires Landsat (2000 et 2016) et les données agricoles (2005 - 2016). La cartographie de la végétation sur la base des données de télédétection et l'analyse diachronique ont été les principales méthodes utilisées. Il ressort de l'analyse des résultats que, lorsque la production agricole, notamment vivrière, s'accroît, la superficie des formations végétales naturelles diminue. Ces dernières sont passées de 148544,19 ha en 2000 à 115992 ha en 2016, soit un taux de régression de 22 % au profit des champs, jachères et agglomérations. 30000 ha de terre sont emblavés en moyenne par an pour la culture des céréales contre des superficies inférieures à 10000 ha pour les autres cultures. La valeur du coefficient d'Allan égale à 1,28 (< 5) traduit la pression que subissent les terres cultivables et la végétation naturelle dans ce milieu. Cette dernière est donc surexploitée, d'où leur rapide épuisement. Il est aujourd'hui indispensable de définir des stratégies de restauration et de gestion durable des ressources naturelles de ce milieu.

**Mots clés :** Dynamique, LUCC, agriculture extensive, terres cultivables

**ABSTRACT :** Intense agricultural activity is degrading spontaneous vegetation in northwestern Benin. The objective of this study is to map the dynamics of land use in this sector of Benin, an area whose climate and soils are favorable to the development of agricultural activities. The data used in this study are essentially Landsat satellite images (2000 and 2016) and agricultural data (2005 - 2016). Vegetation mapping based on remote sensing data and diachronic analysis were the main methods used. The analysis of the results shows that while agricultural production, particularly food production, is increasing, the area of natural plant formations is decreasing. The latter increased from 148544.19 ha in 2000 to 115992 ha in 2016, representing a 22% regression rate for fields, fallow land and agglomerations. 30000 ha of land are sown on average per year for the cultivation of cereals against areas under 10000 ha for other crops. The value of the Allan coefficient equal to 1.28 (< 5) reflects the pressure on cultivable land and natural vegetation in this environment. The latter is overexploited, hence their rapid exhaustion. It is now essential to define management plans and sustainable management of natural resources in this area.

**Key Words:** Extensive agriculture, Land use, determinant, dynamic.

### INTRODUCTION

Les terres dans le monde connaissent de profondes mutations spatiales. En Afrique de l'ouest et particulièrement au Bénin ces mutations spatiales qui se traduisent par la dégradation du couvert végétal s'accroissent de jour en jour. En effet, les forêts et savanes sont les plus importantes catégories d'occupation du sol au Bénin (FAO, 2016). Elles sont des écosystèmes fragiles reposant sur la coexistence entre une strate herbacée et une strate ligneuse (Jacquin, 2010). Elles constituent des écosystèmes dynamiques dont l'évolution dépend de l'intensité des facteurs environnementaux et anthropiques comme la sécheresse, les feux de végétation, l'agriculture et l'élevage. Elles ont fait l'objet de nombreuses études (Gignoux *et al.*, 1997 ; Jeltsch *et al.*, 2000 ; Orékan, 2007 ; Fotsing *et al.*, 2009 ; Zakari, 2015) qui ont montré que la plupart d'elles sont maintenues dans un état de régression du fait des activités anthropiques accrues.

Avec un taux d'accroissement intercensitaire de l'ordre de 3,5 % (RGPH 4, 2013) et ses corollaires d'augmentation en besoin de tout genre à satisfaire (Carr *et al.*, 2005), le secteur Natitingou-Boukombé a des ressources naturelles qui sont sous la pression de plus en plus galopante de l'agriculture, du surpâturage, de l'exploitation forestière et de l'urbanisation (FAO, 2010). L'extension accrue des aires de cultures et des agglomérations engendre une réduction progressive de l'étendue des surfaces boisées et une déstabilisation de la structure des sols (Akognongbé *et al.*, 2014). La rotation de culture et la jachère ont aussi des perturbations

majeures sur les systèmes écologiques (Faye *et al.*, 2002). Les changements d'usage du sol sont donc fortement dus aux activités humaines (Djohy *et al.*, 2016). Ces dernières ont des répercussions directes sur l'occupation du sol, sur la configuration du paysage (Bamba *et al.*, 2008) et sur la diversité biologique. Elles entraînent un changement des unités d'occupation du sol selon l'intensité et/ ou la durée des facteurs de pression. Cette dynamique sera irréversible et une grande partie des espèces végétales surtout ligneuses disparaîtra si elle continue avec la même vitesse (Tenté, 2005). Dès lors, la connaissance des caractéristiques des écosystèmes du secteur Natitingou-Boukombé, leur évolution dans le temps et dans l'espace s'avère indispensable pour un aménagement du territoire et une gestion durable des ressources naturelles.

L'objectif de cette étude est de cartographier la dynamique de l'occupation du sol dans ce secteur d'étude dont le climat et les sols sont favorables au développement des activités agricoles.

## 1. Données et méthodes

### 1.1. Description du secteur d'étude

Située dans le nord-ouest du Bénin, le secteur Natitingou-Boukombé est une partie de la chaîne de l'Atacora, le massif montagneux le plus important au Bénin. Il est situé entre les parallèles 10°00' et 10°40' de latitude nord et les méridiens 1°09' et 1°46' de longitude est (figure 1). Le climat est de type soudano-guinéen, qualifié d'atorien (Houssou, 1998) caractérisé par une saison de pluie de 5 à 6 mois (mai à octobre) et une saison sèche de 6 à 7 mois (novembre à mai). Les moyennes pluviométriques sont de 1300 mm par an réparties sur 90 jours. La saison pluvieuse est la plus favorable au développement végétatif. L'agriculture itinérante sur brûlis est l'activité prépondérante pratiquée dans ce milieu.

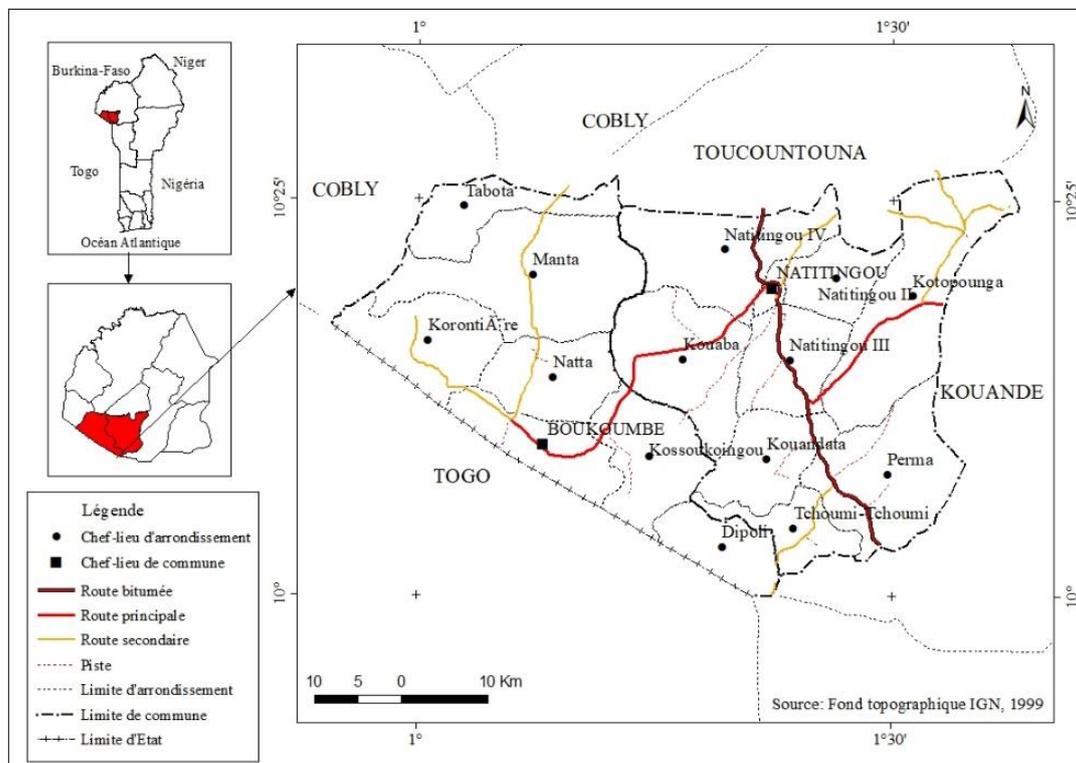


Figure 1 : Situation géographique et administrative du secteur Natitingou-Boukombé

## 1.2. Données planimétriques

Les données utilisées pour l'étude de la dynamique de l'occupation du sol ici sont essentiellement des images satellitaires Landsat ETM + (Thematic Mapper) du 04 février 2000 et OLI- TIRS du 07 janvier 2016 de 30 m de résolution. Ces images ont été téléchargées gratuitement sur le site earthexplorer.usgs.gov au format GEOTIFF (Path 193 et Row 53). Les cartes topographiques et fond de carte de l'Institut Géographique National (IGN) ont été également utilisés dans cette étude. Un GPS (Global Positioning System) de marque GARMIN a été utilisé pour localiser la position des différents points de contrôle terrain. A ces données planimétriques s'ajoutent quelques données socio-économiques (densité, superficies emblavées, pédologie, etc.) collectées lors d'une enquête légère auprès des populations pour mieux profiler l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol.

## 1.3. Méthodes

Le logiciel Terrset (ex Idrisi) a permis de réaliser trois cartes d'occupation du sol à partir des images satellitaires de 2000 et 2016. Ici les bandes radiométriques à même de nous fournir des informations sur le couvert végétal ont été superposées par synthèse additive des couleurs primaires. Ainsi la composition colorée en fausses couleurs avec la combinaison des bandes 2, 3 et 4 pour l'image ETM+ et 3, 4 et 5 pour l'image OLI-TIR ont été utilisées. La méthode de classification supervisée selon l'algorithme du maximum de vraisemblance a été utilisée. La classification établie ainsi que les couleurs de représentation de chaque catégorie d'occupation des terres ont été adaptées de la nomenclature Corine Land Cover (CLC). En tout, 150 points GPS ont été collectés le long de trois (03) transects, soit 50 points par transect. Il s'agit d'un transect dans la zone à végétation développée, un autre dans la zone à végétation moyennement dégradée et un dernier dans la zone à végétation très dégradée. L'indice d'exactitude et de Kappa ont permis de valider les classifications. Les cartes d'occupation du sol réalisées ont fourni les données de base pour l'analyse et la quantification du paysage. Les superficies des différentes catégories d'occupation du sol ont été calculées et des diagrammes établis pour apprécier la vitesse et l'intensité de changement. Les approches descriptive et diachronique ont été utilisées pour l'analyse. Les indices paysagers suivants ont été calculés pour faire le bilan de la dynamique observée :

### ✓ Calcul du LUCC budget

La matrice de transition a permis de faire le bilan des gains, des pertes et des persistances en terme de superficie des catégories d'occupation du sol entre les deux dates différentes. Le gain brut pour chaque catégorie est calculé en soustrayant la persistance du total de la ligne, tandis que la perte brute est calculée en soustrayant la persistance du total de la colonne.

L'équation (1) et (2) donne la méthode de calcul du Gain (G) et de la Perte (L) observé au niveau de chaque catégorie d'occupation du sol entre deux dates.

$$G_j = \frac{\{(\sum_{i=1}^j S_{jj}) - S_{jj}\} \times 100}{\sum_{i=1}^j S_{ij}} \quad \text{OU} \quad G_j = (\sum_{i=1}^j S_{jj}) - S_{jj} \quad (1)$$

$$L_i = \frac{\{(\sum_{j=1}^j S_{ij}) - S_{ii}\} \times 100}{\sum_{j=1}^j S_{ij}} \quad \text{ou} \quad L_i = (\sum_{j=1}^j S_{ii}) - S_{ii} \quad (2)$$

G<sub>j</sub> = Gain de superficie (ou en proportion) d'une catégorie d'occupation du sol j

L<sub>i</sub> = Perte de superficie (ou en proportion) d'une catégorie d'occupation du sol i

S<sub>ii</sub> = Superficie stable d'une catégorie d'occupation i entre deux dates

S<sub>jj</sub> = Superficie stable d'une catégorie d'occupation i entre deux dates

S<sub>ij</sub> = Superficie d'une catégorie d'occupation i transformée en j entre deux dates.

S<sub>ji</sub> = Superficie d'une catégorie d'occupation j transformée en i entre deux dates

L'équation (3) exprime le changement total. La superficie totale changée TC est calculée en additionnant toutes les entrées de la matrice puis en soustrayant les persistances.

$$\text{Changement Total} = TC = \frac{\sum_{j=1}^j \{(\sum_{i=1}^j S_{ij}) - S_{jj}\}}{\sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^j S_{ij}} \quad (3)$$

L'équation (4) explique comment calculer le changement net pour une catégorie en ajoutant les transitions dans lesquelles la catégorie j gagne, c'est-à-dire C<sub>ij</sub>, puis en soustrayant la transitions dans lesquelles la catégorie j perd, c'est-à-dire C<sub>ji</sub>. La fonction MAXIMUM sélectionne les catégories dont le changement net est positif, puis la somme sur j accumule les variations nettes positives. Lorsqu'une catégorie gagne, une autre catégorie perd, de sorte que le gain net total de toutes les catégories est égal à la perte nette totale des catégories. Autrement dit, pour une catégorie donnée, dans la matrice elle correspond à la différence entre le gain brut et la perte brute.

$$\text{Changement Net} = \frac{\sum_{j=1}^j \{MAXIMUM[0, \sum_{i=1}^j (S_{ij} - S_{ji})]\}}{\sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^j S_{ij}} \quad (4)$$

L'équation (5) calcule la Balance (encore appelée Swap en anglais) qui est la différence entre le total change et le net change. Cette variable exprime un changement de lieu sans changement de quantité. Pontius *et al.* (2008) l'expliquent comme un désajustement qui pourrait être résolu en réorganisant les pixels d'une carte pour s'adapter autant que possible avec l'autre carte.

$$\text{Balance} = \text{Changement Total} - \text{Changement Net} \quad (5)$$

#### ✓ Calcul du taux d'évolution

La dynamique de chaque catégorie d'occupation sera appréciée en calculant le taux d'évolution  $E(i, k)$  des superficies d'occupation du sol de la façon suivante :

Soit S<sub>i</sub> la superficie d'une catégorie d'occupation du sol de l'année i et S<sub>k</sub>, celle d'une catégorie d'occupation du sol de l'année k, avec k > i.  $E(i, k)$  sera égale à :

$$E(i, k) = \frac{S_k - S_i}{S_i} \times 100$$

Si  $E(i, k) = 0$ , on conclut qu'il y a stabilité de cette catégorie d'occupation du sol ;

Si  $E(i, k) < 0$ , on conclut qu'il y a régression de cette catégorie ;

Si  $E(i, k) > 0$ , il y a extension ou évolution de cette catégorie.

Cet indice est calculé pour toutes les catégories d'occupation du sol. Il permet d'apprécier l'évolution des différentes catégories d'occupation du sol entre deux périodes.

#### ✓ Calcul des Taux moyens annuels d'expansion spatiale (T)

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque catégorie d'occupation du sol qui change annuellement. A partir de la superficie de ces catégories, ce taux a été calculé grâce à la formule de Bernier (1992) :

$$T = [(\ln S_2 - \ln S_1) / ((t_2 - t_1) \times \ln e)] \times 100$$

S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> : Superficie d'une unité paysagère à la date t<sub>1</sub> et t<sub>2</sub> respectivement ; t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub> : Nombre d'année d'évolution ; ln : Logarithme népérien ; e : Base du logarithme népérien (e = 2,71828).

### ✓ Calcul de la vitesse d'évolution des catégories d'occupation du sol

Afin de connaître la vitesse de variation des catégories d'occupation du sol identifiées, la formule suivante a été utilisée :

$$\Delta_s = \frac{S_{P2} - S_{P1}}{t_2 - t_1}$$

Où :  $\Delta_s$  = Vitesse de variation (extension ou régression en ha/an) ;  $S_{P1}$  = Superficie occupée par la catégorie d'occupation considérée au cours de l'année 1 (ha) ;  $S_{P2}$  = Superficie occupée par la catégorie d'occupation considérée au cours de l'année 2 (ha) ;  $t_1$  = année 1 ;  $t_2$  = année 2.

### ✓ Analyse de l'intensité et de la vitesse des changements

Dans la présente étude deux programmes d'analyse (Pontius Matrix 22 et intensity analysis 02.xlms) de Aldwailk et Pontius (2012), ont permis de mesurer (%) les intensités des changements selon les intervalles de temps, les catégories et les transitions entre catégorie d'occupation des terres.

Le premier programme s'est basé sur les matrices de transition obtenues pour les intervalles de temps 2000-2016 pour générer des graphiques montrant lesdites intensités selon les intervalles de temps. Le second programme, grâce à la matrice de transition, a aussi permis de générer les statistiques pour les changements selon les intervalles de temps, entre chaque unité d'occupation du sol et les autres. Il est de même pour les pertes et gains survenus lors des transitions entre unités.

### ✓ Analyse de l'état de dégradation des terres

Pour mieux apprécier la pression qu'exercent les exploitants agricoles sur les terres et la fertilité de ces dernières, le coefficient d'Allan (1995) a été calculé. Ce coefficient (L) permet de caractériser le niveau de perturbation (niveau de dégradation) des sols. Il est obtenu à partir de la formule suivante :

$$L = \frac{(C+J)}{c} \text{ avec}$$

C : Nombre d'années de mise en culture et J : Nombre d'année de mise en jachère ou de repos. Ainsi lorsque  $L \geq 5$ , alors la terre est bien exploitée et ne subit aucune pression et lorsque  $L < 5$  alors, la terre est surexploitée et donc en dégradation.

## 2. Résultats

### 2.1. Détection des changements spatio-temporels entre 1987 et 2000

#### 2.1.1. Changement au niveau global

L'écart entre les superficies de chaque catégorie d'occupation du sol en 2000 et en 2016 donne une indication globale du changement intervenu. Ainsi entre 2000 et 2016 les superficies des unités d'occupation du sol ont varié (figure 2 et tableau I).

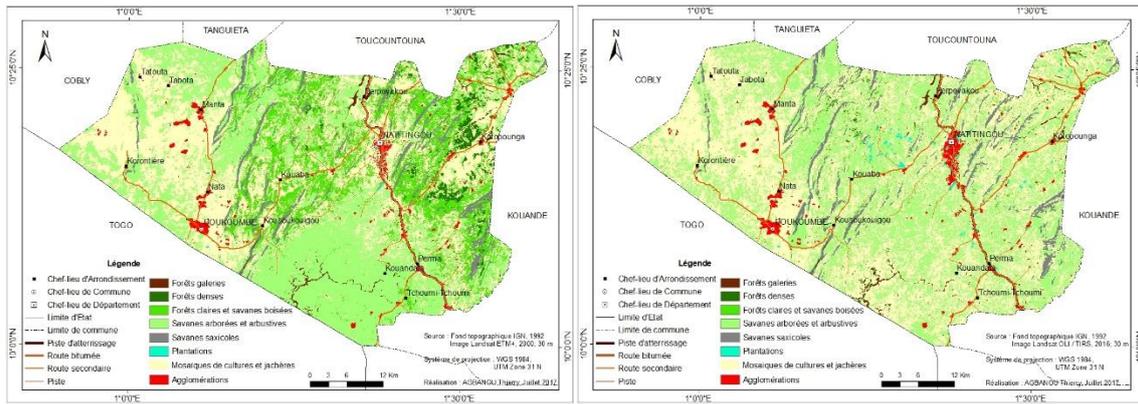


Figure 2 : Cartes d'occupation du sol en 2000 et 2016

Entre 2000 et 2016 les superficies des catégories d'occupation du sol ont évolué. Elles ont régressé pour certaines et augmenté pour d'autres (tableau I). Ceci traduit la dynamique qu'a connu ce milieu entre ces deux dates.

Tableau I : Evolution des superficies en ha entre 2000 et 2016

Catégorie	Superficie (ha) en 2000	Superficie (ha) en 2016	Taux évolution (%)	Taux moyen annuel d'expansion (%)
<b>FG</b>	1393,92	1268,19	- 09,02	- 0,5
<b>FD</b>	4167,54	579,51	- 86,09	-5,3
<b>FCSB</b>	42422,76	4114,58	- 90,30	-05,6
<b>SAA</b>	91117,17	100514,88	10,31	0,1
<b>SS</b>	9442,8	9515,34	0,77	0,05
<b>PT</b>	183,69	1067,76	481,28	30
<b>MCJ</b>	94702,68	125522,19	32,54	02
<b>AGG</b>	4577,76	5426,37	18,54	01,1
<b>Total</b>	<b>248008,32</b>	<b>248008,32</b>		

Source : Interprétation image Landsat ETM+ de 2000 et OLI TIRS 2016

Légende : FG : Forêts galeries ; FD : Forêts denses ; FCSB : Forêts claires et savanes boisées ; SAA : Savanes arborées et arbustives ; SS : Savanes saxicoles ; PT : Plantations ; MCJ : Mosaïques de Champs et jachères ; AGG : Agglomérations

Il ressort de la lecture du tableau I que la superficie des plantations, des mosaïques de cultures et jachères, des agglomérations et des savanes arborées et arbustives a connu une augmentation substantielle entre ces deux dates avec respectivement un taux d'évolution de 481,21 %, 32,54 %, 18,54 et 10,31 % et un taux annuel d'expansion respectif de 30 %, 02 %, 01,1 % et 0,1 %. Alors que les forêts claires et savanes boisées, les forêts denses et forêts galeries ont vu leurs superficies régressées avec un taux d'évolution respectif de - 90,30 %, - 86,09 % et - 09,02 % et un taux moyen annuel d'expansion respectivement de - 05,6 %, - 05,3 % et - 0,5 %. Les savanes saxicoles entre ces deux périodes sont restées relativement stable.

La superposition des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2016 a permis d'obtenir la matrice de transition (tableau II). La matrice des changements générée montre les différents changements opérés au niveau de chaque catégorie d'occupation du sol.

Tableau II : Matrice de transition entre 2000 et 2016 en ha

	FG	FD	FCSB	SAA	SS	PT	MCJ	AGG	Total 2000	Perte
FG	1270,17	0	0	0	0	0	123,75	0	1393,92	123,75
FD	0	12,69	92,25	1277,73	0	0	2784,6	0,27	4167,54	4154,85
FCSB	0	0	2992,59	17364,6	0	314,82	21711,69	39,06	42422,76	39430,17
SAA	0	0	668,07	47881,44	0	77,22	42387,03	103,41	91117,17	43235,73
SS	0	0	0	0	9057,42	0,27	383,04	02,07	9442,8	385,38
PT	0	0	0	0	0	178,92	01,44	03,33	183,69	04,77
MCJ	0	0	886,23	34177,77	140,4	482,4	58094,46	921,42	94702,68	36608,22
AGG	0	0	0	81,9	0	10,98	126,45	4358,43	4577,76	219,33
Total 2016	1270,17	12,69	4639,14	100783,44	9197,82	1064,61	125612,46	5427,99	248008,32	
Gain	0,00	0,00	1646,55	52902	140,4	885,69	67518	1069,56		

Source : Interprétation images Landsat ETM+ de 2000 et OLI TIRS 2016

De l'examen du tableau II, on observe deux types de transition que sont : les régressions et les progressions. Trois ordres de régression ont été identifiés dans ces changements (tableau III) contre deux ordres de progression.

Tableau III : Ordres de régression des changements d'occupation du sol (2000- 2016)

Ordre de régression	Type de changement	Superficie (ha)	Proportion (%)
1	Forêts denses vers forêts claires et savanes boisées	92,25	0,03
	Forêts claires et savanes boisées vers savanes arborées et arbustives	17364,6	07
	Savanes arborées et arbustives vers mosaïques de cultures et jachères	42387,03	17,09
	Savanes saxicoles vers mosaïques de cultures et jachères	383,04	0,15
	Savanes arborées et arbustives vers agglomérations	103,41	0,04
	Mosaïques de cultures et jachères vers agglomérations	921,42	0,37
	<b>Sous-total 1</b>		<b>61251,75</b>
2	Forêts denses vers savanes arborées et arbustives	1277,73	0,51
	Forêts claires et savanes boisées vers mosaïques de cultures et jachères	21711,69	08,75
	Forêts claires et savanes boisées vers plantations	314,82	0,12
<b>Sous-total 2</b>		<b>23304,24</b>	<b>09,40</b>
3	Forêts denses vers mosaïques de cultures et jachères	2784,6	01,12
	<b>Sous-total 3</b>	<b>2784,6</b>	<b>01,12</b>
<b>Total</b>		<b>87340,59</b>	<b>35,21</b>

Source : Interprétation images Landsat ETM+ de 2000 et OLI-TIRS de 2016

Il ressort en ce qui concerne le contenu de ce tableau III que 61251,75 ha (24,69 %) de ce milieu ont connu une régression d'ordre 1, ensuite 23304,24 ha (09,40 %) une régression d'ordre 2 et seulement 2784,6 ha (01,12 %) une régression d'ordre 3.

Deux ordres de progression sont identifiés. L'ordre de progression 1 observée concerne 35328,24 ha (14,24 %) dont 668,07 ha (0,26 %) de savanes arborées et arbustives transformées

en forêts claires et savanes boisées, 34177,77 ha (13,78 %) de mosaïques de cultures et jachères transformées en savanes arborées et arbustives et 482,4 ha (0,20 %) en plantations. L'ordre de progression 2 concerne 886,23 ha (0,35 %) de mosaïques de cultures et jachères transformés en forêts claires et savanes boisées.

Ces résultats montrent que les formations végétales de ce milieu connaissent une agressivité parce qu'elles disparaissent au profit des formations anthropiques. Ceci est dû à l'ampleur du développement des activités telles que l'agriculture itinérante sur brûlis et l'exploitation du bois (bois d'œuvre, et bois énergie) destructrices de l'environnement.

Une cartographie de la synthèse des différentes transitions observées entre 2000 et 2016 est présentée sur la figure 3 ci-dessous.

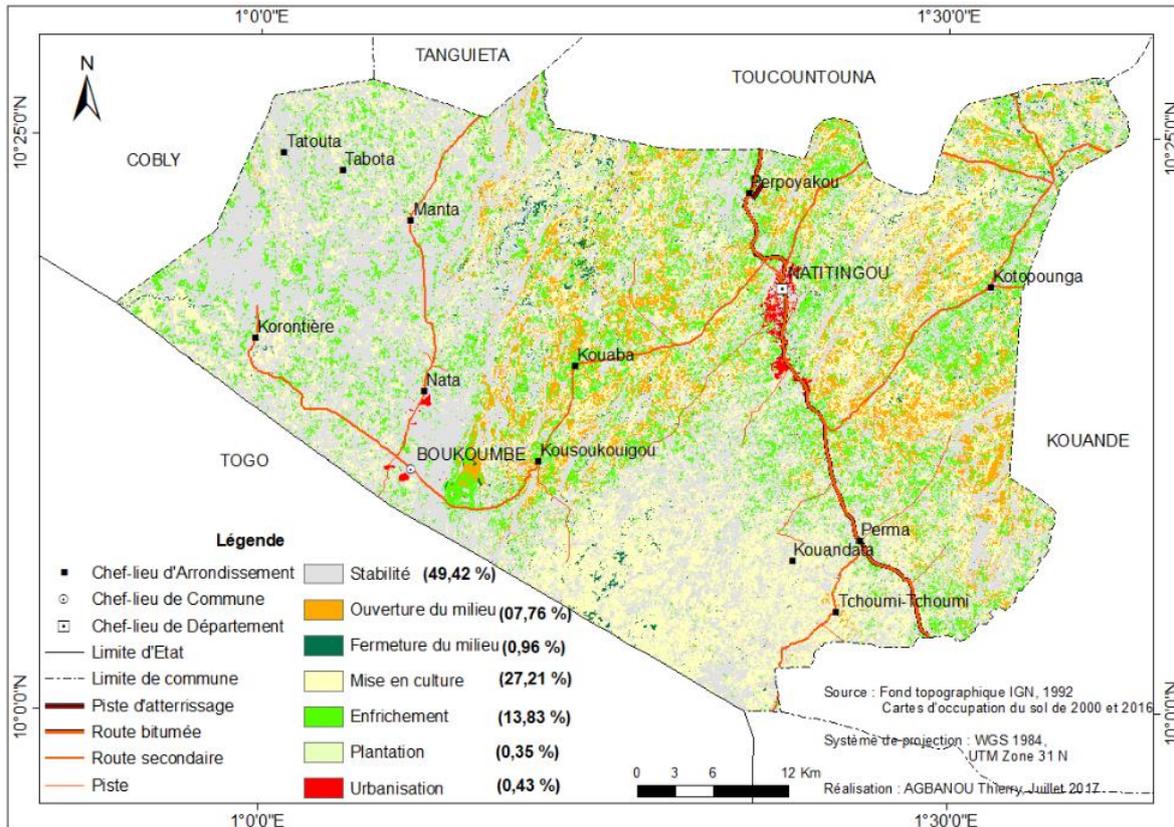


Figure 3 : Carte des changements d'occupation du sol 2000-2016

L'examen de la figure 43 révèle qu'environ 49,42 % (122573,34 ha) de la superficie de ce milieu est restée relativement stable entre 2000 et 2016. Près de 34,97 % (86763,06 ha) dont 7,76 % (19259,82 ha) de milieu ouvert et 27,21 % (67503,24 ha) de mise en culture sont des territoires qui ont connu une dégradation du couvert végétal. Par contre 15,16 % (37602,27 ha) dont 13,83 % (34318,17 ha) d'enrichissement, 0,96 % (2393,73 ha) de milieu fermé et 0,35 % (890,37 ha) de plantation sont des milieux qui ont favorisé la reconstitution du couvert végétal. La zone de changement en milieu urbain fait 0,43 % (1069,65 ha).

En dehors des zones relativement stables, les milieux en cultures ont une superficie très importante. Ceci traduit la pression que subissent les formations naturelles dans ce milieu.

### 2.1.2. LUCC budget et intensité de changements (perte, gain, changement net)

De façon globale, le LUCC budget établi montre pour les périodes 2000 et 2016 trois types de changements : les pertes, les gains et comment gains et pertes s'équilibrent ou non (balance) (Tableau IV).

Tableau IV : Superficies perdues et gagnées entre 2000 et 2016 en ha

Catégorie	Gain	Perte	Changement Total	Balance	Valeur absolue du changement net
FG	0	123,75	123,75	0	123,75
FD	0	4154,85	4154,85	0	4154,85
FCSB	1646,55	39430,17	41076,72	3293,1	37783,62
SAA	52902	43235,73	96137,73	86471,46	9666,27
SS	140,4	385,38	525,78	280,8	244,98
PT	885,69	04,77	890,46	09,54	880,92
MCJ	67518	36608,22	104126,22	73216,44	30909,78
AGG	1069,56	219,33	1288,89	438,66	850,23

Source : Interprétation images Landsat ETM+ de 2000 et OLI TIRS 2016

Légende : FG : Forêts galeries ; FD : Forêts denses ; FCSB : Forêts claires et savanes boisées ; SAA : Savanes arborées et arbustives ; SS : Savanes saxicoles ; PT : Plantations ; MCJ : Mosaïques de Champs et jachères ; AGG : Agglomérations

Il ressort du LUC budget (2000-2016) que les formations végétales naturelles comme les savanes arborées et arbustives, les forêts denses, les forêts claires et les savanes boisées et les savanes saxicole ont perdu des superficies au profit des milieux fortement anthropisés.

Les catégories dont la balance est le plus élevée sont les savanes arborées et arbustives et les mosaïques de cultures et de jachères. Ici pertes et gains des savanes arborées et arbustives s'équilibrent pour l'essentiel. Bien qu'elle a gagné 9666,27 ha, l'essentiel de la dynamique spatio-temporelle (86471,46 ha) consiste en un changement de localisation des savanes arborées et arbustives. Ce qu'elles ont perdu à un endroit, elles l'ont gagné ailleurs. Les mosaïques de cultures et jachères ont connu à part l'extension de 30909,78 ha, une relocalisation importante (36608,22 ha). Au niveau des forêts claires et savanes boisées, elles perdent 39430,17 ha et gagne en retour 1646,55 ha, des changements de localisation estimées à 37783,62 ha.

### 2.1.3. Intensités et vitesses des changements d'occupation des terres entre 2000 et 2016

A partir de la matrice de transition l'intensité et la vitesse d'évolution de chaque catégorie d'occupation ont été calculée grâce au programme "PontiusMatrix22" (figure 4 et 5).

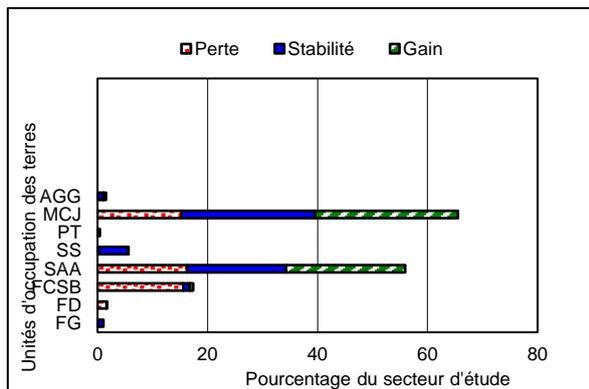


Figure 4 : Intensité des changements d'occupation du sol entre 2000 et 2016

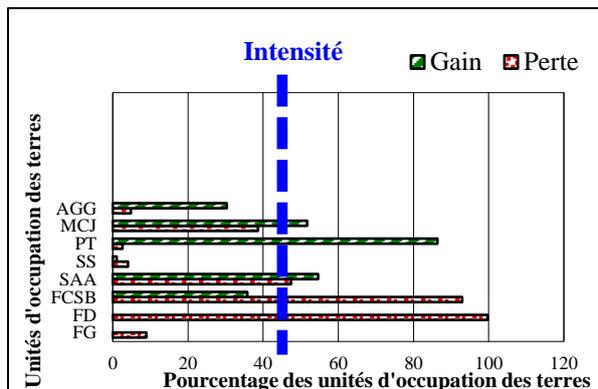


Figure 5 : Intensités et vitesses des changements d'occupation des terres entre 2000 et 2016

Légende : FG : Forêts galeries ; FD : Forêts denses ; FCSB : Forêts claires et savanes boisées ; SAA : Savanes arborées et arbustives ; SS : Savanes saxicoles ; PT : Plantations ; MCJ : Mosaïques de Champs et jachères ; AGG : Agglomérations

De l'analyse de la figure 4, il ressort que seules les mosaïques de cultures et champs, les savanes arborées et arbustives et les forêts claires et savanes boisées ont connu un changement significatif. On observe ainsi pour les mosaïques de cultures et jachères des changements sur 65,53 % (162220,68 ha) dont seulement 15,28 % (36608,22 ha) de perte contre 26 % (67518 ha) de gain et 24,25 % (58094,46 ha) de stabilité. Pour les savanes arborées et arbustives sur les 55,95 % (144019,17 ha) de changement, on observe 16,27 % (43235,73 ha) de perte, 21,66 % (52902 ha) de gain et 18,02 % (47881,44 ha) de stabilité. Les forêts claires et savanes boisées ont connu 17,41 % (44069,31 ha) de changement, soit 15,57 % (39430,17 ha) de perte, 0,66 % (1646,55 ha) de gain et 0,18 % (2992,59 ha) de stabilité. Les agglomérations et les plantations ont connu respectivement des changements de 1,51 % (56473,3 ha) et 0,42 % (1069,38 ha) dont essentiellement des gains et stabilités. Quant aux forêts denses et forêts galeries, elles ont eu des changements sur respectivement 1,68 % (4167,54 ha) et 1,06 % (1393,92 ha) dont essentiellement des pertes et stabilités. Ces deux dernières catégories n'ont rien gagné en terme de superficie au cours de cette période (2000 à 2016).

La figure 5 permet de constater que seules les plantations et savanes arborées et arbustives ont une vitesse rapide (supérieure à 50,06 %, l'intensité uniforme) en terme de gain. Concernant les pertes, les forêts denses et les forêts claires et savanes boisées ont une vitesse très rapide (supérieure à 50,06 %). On peut conclure que les forêts denses, les forêts claires et savanes boisées et les mosaïques de cultures et jachères se dégradent à une vitesse très grande.

## 2.2. Evolution des superficies emblavées par les cultures annuelles

Les différentes cultures annuelles pratiquées dans ce milieu sont : les cultures vivrières, les cultures de rente, les tubercules et racines et les produits maraîchers. Elles nécessitent l'emblavure d'importantes superficies. Ces dernières évoluent dans le temps et dans l'espace (figure 6).

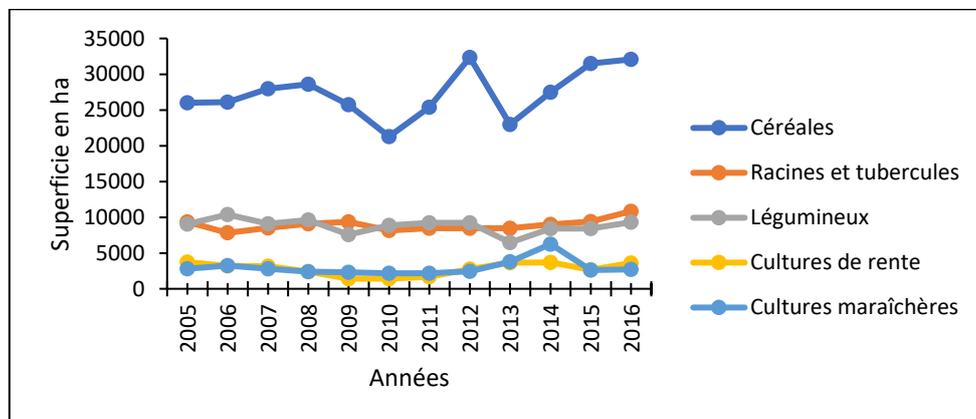


Figure 6 : Evolution des superficies emblavées entre 2005 et 2016

Sources : Enquête de terrain, Juin 2018

Il ressort de l'examen de la figure 6 que les céréales sont les cultures pour lesquelles d'importantes superficies sont emblavées. Les cultures maraîchères et de rentes sont celles qui ont des emblavures moins importantes alors que les céréales restent les cultures qui nécessitent d'importantes emblavures. Les superficies des céréales ont évolué en dent de scie de 25997 ha en 2004 à 32017 ha en 2016 avec un pic en 2012 (32359 ha). Dans l'ensemble les superficies ont une tendance à la hausse. Ce qui confirme les tendances observées à partir des images satellitaires Landsat. L'emblavure de ces superficies importantes est due essentiellement à un système agricole extensif avec des techniques culturales peu recommandées. Il s'agit

essentiellement des techniques de défrichages et de brûlis. Ces pratiques nécessitent la destruction d'importantes superficies de végétation et l'appauvrissement des sols.

### 2.3. Dégradation des terres

La dégradation des terres agricoles est un processus d'évolution associé à une perte d'équilibre d'un sol antérieurement stable. La structure et la texture de ces sols, les techniques culturales, la durée de jachère et l'utilisation abusive des intrants entraînent la baisse de fertilité des sols. La valeur du coefficient d'Allan (L) calculée dans ce milieu est de 1,76. Cette valeur étant supérieur à 5, elle traduit une surexploitation des terres agricoles. Les terres cultivables dans cette zone d'étude subissent donc une forte pression. Ces dernières sont surexploitées, d'où leur rapide épuisement. Plusieurs facteurs peuvent justifier cet épuisement des terres agricoles. La technique de culture itinérante sur brûlis par exemple est très répandue dans ce milieu. 79 % des exploitants agricoles enquêtés pratiquent cette technique. Ils affirment qu'elle est utilisée pour faciliter les tâches liées au défrichement des terres à emblaver qui deviennent d'année en année plus importantes à cause de la croissance démographique et des aléas climatiques.

## 3. Discussion

La dynamique de l'occupation du sol montre que les formations végétales denses (forêts denses, forêts claires et savanes boisées et forêts galeries), par opposition aux formations ouvertes (savanes arborées et arbustives) et aux formations anthropisées (mosaïques de cultures et jachères, agglomérations), régressent de façon importante. Dans cette étude, globalement le taux de régression des formations naturelles est de 22 % entre 2000 et 2016. Ceci est largement en-dessous de la valeur de 60 % obtenu par Tenté (2005) sur les chainons du secteur Natitingou-Toucountouna au cours de la période 1975-2003. Le taux annuel de régression constaté au niveau des formations ligneuses est d'environ - 5 % au cours de la période 2000-2016. Pour une étude couvrant l'ensemble des formations forestières du Bénin, ce taux a été évalué à -1,2 % pour la période de 1990 à 1995 (FAO, 1997) et à - 1,8 pour la période 1986-2005 (Hountondji, 2008). Les valeurs obtenues dans le secteur Natitingou - Boukombé montrent donc une diminution plus rapide des zones boisées comparativement à la moyenne nationale. Le rapprochement des variables démographiques et économiques met en évidence un déséquilibre entre les besoins des populations et les ressources disponibles (Onibon, 1998). Cette progression de la superficie des unités anthropisées est liée d'une part à l'augmentation de la population dans le secteur d'étude et à une demande de plus en plus croissante des terres agricoles d'autre part (Amoussou, 2010). Le taux moyen annuel d'expansion des mosaïques de cultures et jachères dans cette période est de 2 %. En effet, 38,2 % des superficies de cultures et jachères sont gagnées par défrichement des forêts claires et savanes boisées et 14 % par défrichement des savanes arborées et arbustives. Ceci s'explique par le fait que cette période a été marquée par une croissance démographique importante (Bidou *et al.*, 2013) et une agriculture purement extensive sans utilisation de fertilisants pour le sol.

Après de longue durée de mise en culture des terres issues de la destruction de forêts denses, l'utilisation de ces espaces déboisés permet de bénéficier de nouvelles terres fertiles et donc d'augmenter les productions agricoles. Du coup, la déforestation entraîne une perte de la biodiversité en raison de la destruction de nombreux habitats naturels (Toko, 2008 ; Zakari, 2015). Au-delà de l'exploitation des ressources ligneuses et de l'expansion des terres agricoles, pour améliorer la sécurité alimentaire, il est indispensable de mettre en place des stratégies de gestion durable des ressources naturelles de ce milieu en particulier et de tout le Bénin en général.

## CONCLUSION

Cette étude a permis d'avoir une meilleure connaissance de l'occupation actuelle du sol dans le secteur d'étude, de connaître la tendance évolutive des différentes catégories d'occupation du sol. Ces résultats interpellent les différents acteurs ou décideurs en charge de la gestion de ce territoire. Ils doivent de façon urgente développer des stratégies de gestion intégrée et participative aussi bien à l'échelle locale que régionale pour préserver les ressources végétales, en garantir la résilience et définir des stratégies d'agriculture durable. La connaissance de cette dynamique permet de prédire le futur et de proposer aux autorités compétentes des outils d'aide à la décision, c'est-à-dire proposer des formes d'aménagement et de gestion territoriale durable.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akoeigninou A. & Akpagana K., 1997 : Etude cartographique et dynamique de la végétation de l'aire classée de la colline de Savalou (Bénin). *J. Bot. Soc. Bot. Fr.*, 3 : pp. 69-81.
- Amoussou E., 2010 : Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 313 p.
- Bamba I., Mama A., Neuba D. F. R., Koffi K. J., Traoré D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. et Bogaert J., 2008 : Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sciences & Nature Vol. 5 N°1* : pp. 49 – 60.
- Bidou E. J., Palibrk M., Andrieu J., Mering C. 2013 : Vulnérabilité, dynamique de population et occupation des sols : Réflexion sur les indicateurs de vulnérabilité au Bénin et au Niger. *Livrable n°6.4 Février*, 28 pages.
- Carr L.D., Suter L. et Barberi A., 2005 : Population dynamics and tropical deforestation : state of the debate and conceptual challenges. *Population and Environment* 27(1): pp. 89-113.
- Djohy G. L., Henri S. Totin Vodounon H. S., Kinzo N., E., 2016 : Dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de sinendé au nord-Bénin. *Cahiers du CBRST, N° 9 Juin 2016 Lettres, Sciences Humaines et Sociales* ISSN : 1840-703X, Cotonou (Bénin), pp. 101-121
- FAO 1997 : Africover Land Cover Classification. *Environment and Natural Resources Service (SDRN)*. 76 p.
- FAO, 2010 : Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport national du Bénin. Département des forêts. Rome (Italie), 54 p.
- FAO, 2016 : Situation des forêts du monde. Forêts et agriculture : défis et possibilité concernant l'utilisation des terres. Rome (Italie), 137 p.
- Fotsing E., Verburg P., de Groot W., Cheylan J-P. et Tchuenté M., 2009 : Un modèle intégré pour explorer les trajectoires d'utilisation de l'espace en zone de savanes sèches du Cameroun. Actes du colloque « Savanes africaines en développement : innover pour durer ». Garoua, Cameroun, pp. 20-23.
- Faye E., Masse D. et Diatta M., 2002 : Dynamique de la régénération ligneuse durant la phase de culture dans un système de culture semi-permanente du sud du Sénégal. *Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun*. Prasad, N'Djamena, Tchad-Cirad, Montpellier, France, pp. 112-128.
- Gignoux J., Menaut J-C., Noble I. R. et Davies I. D., 1997 : A spatial model of savanna function and dynamics: model description and preliminary results. *Population and community dynamics in the tropics*. Cambridge (UK), pp. 361-383.
- Hountondji I. C. H., 2008 : Dynamiques environnementales en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Sciences de l'université de Liège, Belgique. 153 p.
- Houssou C., 1998 : Les bioclimats humains de l'Atacora (Nord-ouest du Bénin) et leurs implications socio-économiques. Thèse de Doctorat (Thèse unique). Dijon, France, 332 p.
- Jacquin A., 2010 : Dynamique de la végétation des savanes en lien avec l'usage des feux à Madagascar. Analyse par séries temporelle d'images de télédétection. Thèse de Doctorat de l'université de Toulouse. France, 144 p.
- Jeltsch F., Weder G. E. et Grimm V., 2000. Ecological buffering mechanisms in savannas: a unifying theory of long-term tree-grass coexistence. *Plant Ecology*, 161, pp. 161-171.

Onibon P., 1998 : Mission d'identification d'un programme de gestion des espaces forestiers et d'aménagement du territoire dans le Nord Bénin. *GERAM conseils, Bohicon*, 79 p.

RGPH 4, 2013 : Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (rgph-4, 2013). INSAE, Bénin, 85 p.

Orékan V. O. A., 2007 : Implémentation du modèle CLUE-s aux transformations spatiales dans le centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection. Thèse de Doctorat de l'université de Bonn. Allemagne, 230 p.

Tente B., 2005 : Recherche sur les facteurs de la diversité floristique des versants du massif de l'Atacora : Secteur Perma-Toucuontouna (Bénin). Thèse de Doctorat unique. EDP/FLASH/UAC, 252 p.

Toko I. I., 2008 : Etude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de phénologie et de structure de la végétation le long des toposéquences du bassin supérieur du fleuve de l'Ouémé du Bénin. Thèse de doctorat unique de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 241p.

Zakari S., 2015 : Vulnérabilité des parcours naturels aux changements climatiques dans le bassin de la Sota à l'exutoire de Coubéri (Bénin). Thèse présentée pour obtenir le Diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 203 p.