

Dynamique Spatio-Temporelle Des Espaces Agraires Au Sein De La Communauté De Communes De La Pendjari Au Nord-Ouest Du Bénin

[Spatio-Temporal Dynamics Of Agricultural Spaces Within The Community Of Municipalities Of Pendjari In Northwest Of Benin]

Mathias Tchankadéhoun KIANZI^{1*}, Sébastien KOUTA¹, Ismaël MAZO¹, Ousséni AROUNA², Omer THOMAS¹, et Ismaïla TOKO IMOROU¹

¹ Laboratoire de Cartographie (LaCarto)/Institut de Géographie, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (IGATE)/ Université d'Abomey-Calavi (UAC)/Bénin.

² Laboratoire de Cartographie (LaCarto)/Institut de Géographie, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (IGATE)/ Université d'Abomey-Calavi (UAC)



Résumé—Les activités socioéconomiques et les conditions naturelles influencent la dynamique d'occupation des espaces agraires. Au sein de la Communauté de communes de la Pendjari, il est constaté l'expansion de ces espaces qui, au fil des ans, empiètent sur les formations végétales. Cette étude vise à évaluer l'état réel des espaces agraires à travers deux échelles de temps dans la zone d'étude. La méthode adoptée est basée sur l'analyse diachronique des données de télédétection notamment les images satellites SPOT 3 de 1997 et SPOT 7 de 2015 et celle d'archive de Google Earth de 2017. La classification supervisée a été utilisée pour le traitement de ces images avec l'algorithme de Maximum de vraisemblance. La technique post-classification effectuée a permis de générer la matrice de transition et le calcul des taux de conversion et d'expansion spatiale des espaces agraires dans la zone d'étude. Les résultats de cette recherche ont montré une évolution croissante de plus de 20 % des espaces agraires entre 1997 et 2017. La superficie de ces espaces est passée de 33555,13 ha en 1997 à 198128,95 ha en 2017. Le taux de conversion de ces unités agraires au sein de la Communauté de communes de la Pendjari est de 8,88 %. Ce qui correspond en moyenne à une expansion spatiale de 26,18 % seulement en 20 ans. Les résultats de cette recherche offrent de nouvelles perspectives aux acteurs du développement rural non seulement de comprendre les principes fondamentaux de l'utilisation des espaces agraires mais aussi et surtout de prendre des mesures d'aménagement et des stratégies de gestion efficaces de ces espaces.

Keywords— espaces agraires, dynamique spatio-temporelle, Communauté de communes de la Pendjari, Nord-Ouest du Bénin

Abstract—Socio-economic activities and natural conditions influence on the dynamics occupation of agricultural spaces. Within the Community of Communes of Pendjari, it is noted the expanding of spaces which, over the years, enroach on the plant formations. This study aims to assess the real state of agricultural spaces across two time scales in the study area. The adopted method is based on the diachronic analysis of the remote sensing data, in particular the satellite images SPOT 3 of 1997 and SPOT 7 of 2015 and that of archive of Google Earth of 2017. The supervised classification was used for the processing of these images with the Maximum Likelihood algorithm. The post-classification technique carried out made it possible to generate the transition matrix and the calculation of the conversion and spatial expansion rates of agrarian spaces in the study area. The results of this research showed an increasing evolution of more than 20% of the agrarian spaces between 1997 and 2017. The surface of these spaces passed from 33555.13 ha in 1997 to 198128.95 ha in 2017. The conversion rate of these agrarian spaces within the Community of communes of the Pendjari is 8.88 %. Which corresponds on average to a spatial expansion of 26.18 % only in 20 years. The results of this research offer new perspectives to rural development actors not only to understand the fundamental principles of the use of agricultural spaces but also and above all to take effective management and management strategies of these spaces.

128.95 ha in 2017. The conversion rate these agrarian units within the Community of communes of Pendjari is 8.88%. This corresponds on average to a spatial expansion of only 26.18% in 20 years. The results of this research offer new perspectives to those involved in rural development not only to understand the fundamental principles of the use of land, but also and above all to take measures for planning and effective management strategies for the spaces.

Keywords— agricultural spaces, spatio-temporal dynamics, Community of communes of Pendjari, North-West of Benin.

I. INTRODUCTION

La pression sur les ressources naturelles est particulièrement forte dans les pays pauvres où la pression démographique et la pauvreté font que les populations sont préoccupées par les objectifs de survie à court terme. L'Afrique tropicale est la plus durement touchée par les problèmes environnementaux [1]. La terre constitue un facteur essentiel de production pour les populations rurales du Bénin. La satisfaction des besoins en ressources alimentaires et en revenus financiers entraîne de nombreuses sollicitations des terres à but agricole. La dégradation des terres constitue donc une menace importante pour la production agricole et la survie des populations [2]. La densité de la population dans la plupart des localités du Bénin s'est accrue ces deux dernières décennies et a pour corollaire une forte pression sur les terres agricoles et l'extension des surfaces cultivées par les agriculteurs [3]. Il apparaît, en outre, que le principal facteur affectant la dynamique du paysage est le surpeuplement puisque la croissance démographique engendre une intensification des activités agricoles en vue de la satisfaction des besoins alimentaires [4] et [5]. Les facteurs qui participent à la dégradation des formations boisées saxicoles sont d'ordre climatique, édaphique, topographique et anthropologique. Parmi ces facteurs, ceux anthropiques paraissent les plus déterminants [6]. Au nord-ouest du Bénin, l'occupation des terres connaît une dynamique importante du fait des activités humaines intenses mettant l'écosystème en équilibre précaire [7]. Par ailleurs, les agriculteurs du nord-ouest de l'Atacora en République du Bénin ont recours à l'extension des superficies agricoles afin de garantir la sécurité alimentaire de la population sans cesse croissante [8]. Au sein de la Communauté de Communes de la Pendjari réunissant les communes de Coby, Matéri et Tanguiéta au Nord-Ouest du Bénin, l'agriculture et l'élevage constituent les principales activités économiques. La population est fortement agricole avec 89,87% de ménages agricoles représentant 92,50% de la population du territoire [9]. Cette structure de la population impose une exploitation optimale des ressources naturelles en général et des terres en particulier pour les besoins de production au sein de cette communauté.

La présente étude vise à analyser la dynamique spatio-temporelle des espaces agraires au sein de la Communauté de communes de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Zone d'étude

La Communauté de communes de la Pendjari jouit d'un climat de type soudanien avec un régime pluviométrique uni-modal et deux saisons bien distinctes ([28], [29], [30]) ; la moyenne pluviométrique oscille entre 800 et 1300 mm par an avec une température moyenne de 25°C. Le secteur d'étude est un ensemble de pénéplaines de 150 à 250 m d'altitude au nord, rattaché au sud à un relief majeur dont l'altitude varie entre 400 à 513 mètres ([28], [29], [30]) et couvre une superficie totale de 8021 km² ([31]). Le secteur d'études est situé dans le département de l'Atacora à l'extrême Nord-Ouest du Bénin et plus précisément entre 10°40' et 11°20' de latitude nord d'une part et d'autre part entre 1°20' et 2°0' de longitude est comme l'indique la figure 1 ci-dessous.

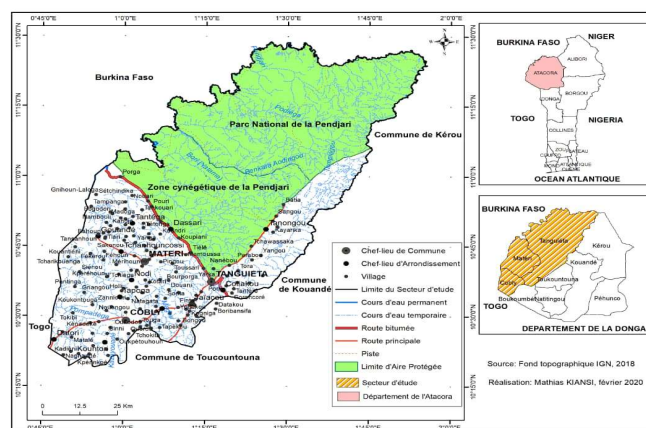


Figure 1 : Situation géographique du secteur d'étude

2.2 Méthode

Les données à utiliser seront composées de :

- carte topographique, au 1/200000, feuilles de Natitingou ;
- image SPOT 3 de 1997 ;
- image SPOT 6 de 2017 et
- images d'archive Google Earth téléchargées sur SAS Planet

Le matériel utilisé est composé du logiciels Idrisi Selva 17.0 pour le traitement numérique des images satellitaires SPOT ; QGIS 2.18 pour les travaux de cartographie et analyses SIG ; GPS (Global Positioning System) pour le contrôle-terrain et le tableur Excel pour le traitement des données statistiques.

2.3. Traitement numérique des images satellitaires et cartographie

2.3.1. Composition colorée

La composition colorée permet de produire des images en couleurs en tenant compte de la signature spectrale des objets. Elle sert avant tout à distinguer les différents objets présents dans les images et ainsi faciliter l'interprétation des images. Dans ce traitement, les bandes 412 SPOT et 123 du SPOT 3 ont été respectivement appliquées.

2.3.2. Choix des aires d'entraînement

Les aires d'entraînement sont des sites représentatifs des caractéristiques numériques des classes qui permettent de définir les signatures spectrales de chaque unité paysagère. Les aires d'entraînement seront délimitées loin des zones de transition afin d'éviter d'inclure des pixels mixtes, c'est-à-dire des pixels qui pourraient être classés dans deux classes distinctes. Sur les images, les aires d'entraînement sont tracées au pixel près et, bien dispersées sur l'ensemble du secteur d'étude, représentatives de la diversité de chaque classe d'unité paysagère. Le nombre d'aires d'entraînement sera d'autant plus grand que la classe est hétérogène. La taille de l'aire d'entraînement doit être supérieure à l'erreur de localisation et inférieure à l'objet à détecter [10]. Elle peut être estimée de la façon suivante : $A = P(1+2L)$; avec A = la superficie de l'aire d'entraînement ; P = dimension du pixel en mètre ; L = précision de la localisation en mètre.

2.3.3. Classification supervisée par maximum de vraisemblance

Dans la classification supervisée, l'analyste d'image supervisera le processus de catégorisation des pixels en spécifiant à l'algorithme informatique des descripteurs numériques de divers types d'occupation du sol présents dans la scène. Ainsi, des échantillons représentatifs des sites connus dans l'occupation du sol (parcelles d'entraînement) seront utilisés pour établir une caractéristique numérique clé pouvant décrire au mieux les attributs spectraux pour chaque type de classes. Dans ce cas, l'algorithme paramétrique choisi est le maximum de vraisemblance.

2.3.4. Contrôle-terrain et actualisation de la carte de végétation de 2017

Le contrôle-terrain consistera à vérifier les classes de pixels issues de la classification. Les classes de pixels à vérifier sur le terrain seront déterminées à partir de la méthode d'échantillonnage proportionné à 1 degré. Étant donné qu'il s'agit des classes de pixels à échantillonnage sur un effectif total, l'utilisation d'un taux d'échantillonnage t tel que $5\% \leq t \leq 20\%$ est recommandée [11]. Selon [12], on retiendra un taux d'échantillonnage $t = 10\%$.

2.3.4.1 Calcul du nombre de classe (n) à échantillonné

$$n = N \times t$$

Avec N : Nombre total de classes ; t : taux d'échantillonnage

Calcul du nombre de classes (n_i) à échantillonner pour la classe i

$$n_i = n \times P_i \quad \text{où} \quad P_i = \frac{E_i}{\sum_{i=1}^k E_i}$$

Avec P_i : Proportion de la classe i , E_i : Effectif de la classe i

Les classes à vérifier sur le terrain seront générées à partir de la table des nombres aléatoires. Et, chaque classe de pixels sera représentée par les coordonnées géographiques de son centre. Au cours de cette phase, les pixels qui seront mis dans la classe de rejet seront aussi identifiés.

2.3.4.2 Evaluation de la qualité de la classification et vectorisation

Les résultats qui ont été présentés dans cette section découlent de la classification supervisée de l'image SPOT de 1997 et de 2017, suivant la technique du maximum de ressemblance (Maximum Likelihood). Les matrices de confusion sont calculées pour l'évaluation de la précision de la classification de chacune des images [13]. La matrice de confusion est un moyen effectif de décrire la précision attributive des données géospatiales. Ainsi, les erreurs de commission sont issues de rajout ou de surplus de classification tandis que les erreurs d'omission proviennent d'un déficit ou exclusion de quantité dans la classification.

2.3.4.3 Exportation vers un système d'information Géographique

Après l'intégration des observations du terrain, chaque image interprétée sera exportée vers un Système d'Information Géographique. Il s'est agi de convertir le fichier du format raster en format vecteur à l'aide du logiciel ArcGis 10.5. Dans ce Système d'Information Géographique ArcGis, les superficies des différentes formations végétales et les autres unités d'occupation des terres ont été calculées.

L'évaluation des cartes issues de l'interprétation des images satellites s'est faite à partir d'une matrice de confusion. Cette matrice est un tableau à double entrées où les classes des cartes se trouvent en lignes et les données du contrôle-terrain en colonnes. Sur la diagonale de ce tableau, se trouvent les unités de végétation bien identifiées et de part et d'autre de cette diagonale les erreurs d'omission et de confusion. Cette matrice a permis de calculer l'indice d'exactitude I des cartes obtenues [14] ; [15] ; [12]; [16]

$$I = \sum_{i=1}^k \frac{x_i}{X}$$

Avec x_i : Nombre d'observations de la diagonale pour la classe i ; X : Nombre total des observations pour l'ensemble des classes

Si $I \geq 0,9$ alors l'interprétation est correcte [15].

Analyse statistique des changements d'état de la végétation

2.3.4.5 Taux moyen annuel d'expansion spatiale (T)

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque unité d'occupation du sol qui change annuellement. Il est calculé à partir de la formule suivante adoptée par [17].

$$T = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100$$

S1 et S2 : Superficie d'une unité paysagère à la date t1 et t2 respectivement ; t2 – t1 : Nombre d'année d'évolution ; ln : Logarithme népérien ; e : Base du logarithme népérien (e = 2,71828).

2.3.4.6 Matrice de transition

La matrice de transition permettra de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités paysagères entre deux années (1997-2017). Elle est constituée de x lignes et de y colonnes. Le nombre x de lignes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères présentes en 1998 tandis que le nombre y de colonnes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères converties en 2017. Quant à la diagonale, elle contient les superficies des unités paysagères restées inchangées. Dans cette matrice, les transformations se font des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes classes d'unités paysagères sont calculées à partir du croisement des cartes de végétation (1997-2017) à l'aide de la fonction « Intersect » de l'interface « Arctoolbox » du logiciel ArcGis 10.5.

2.3.4.7 Taux de conversion

Le taux de conversion d'une classe d'unité d'occupation des terres correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes [12]; [16]. C'est donc la quantité de changements observés au niveau d'une unité d'occupation des terres entre 1997 et 2017. Ceci a permis ainsi de mesurer le degré de conversion d'une unité donnée en d'autres unités d'occupation des terres. Il est obtenu à partir de la matrice de transition suivant la formule :

$$T_c = \frac{S_{it} - S_{is}}{S_{it}} \times 100$$

S_{it} : Superficie de l'unité paysagère i à la date initiale t ; S_{is} : Superficie de la même unité demeurée stable à la date t1.

2.3.4.8 Analyse de l'intensité des changements

Les programmes d'analyse "PontiusMatrix22" et "Intensity Analysis02.xlms" de [18], sont utilisés pour mesurer l'intensité et la vitesse des changements des unités d'occupation du sol entre 1997 à 2017.

PontiusMatrix22

Le programme "PontiusMatrix22" fournit une variété d'analyses et les sommaires statistiques d'une matrice de tableau-croisé. Ce programme a généré deux graphiques en utilisant la matrice de transition entre 1997 et 2017 : le premier présente l'intensité des changements survenus au sein de chaque unité d'occupation des terres et le deuxième présente l'intensité de pertes et de gains par unité d'occupation des terres. Au niveau de l'intensité des pertes et des gains, l'état de rapidité des changements est déterminé grâce à la ligne verticale en tirets, appelée ligne de zone uniforme. Si le graphe est à gauche de cette ligne, le changement est lent ou dormant tandis que si celui-ci est à droite de cette ligne, le changement est rapide ou actif.

Intensity Analysis02.xlms

Le programme "Intensity Analysis02.xlms" grâce à la matrice de transition permettra de générer des statistiques pour les transitions selon les intervalles de temps, entre chaque unité d'occupation des terres.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

La classification des différentes images ont permis la réalisation des cartes d'occupation des terres au sein de la Communauté de communes de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin. La figure n°1 présente l'occupation des terres en 1997 et 2017

3.1 Dynamique spatio-temporelle des espaces agraires au sein de la Communauté de communes de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin

La classification des différentes images ont permis la réalisation des cartes d'occupation des terres au sein de la Communauté de communes de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin. La figure 2 présente l'occupation des terres en 1997.

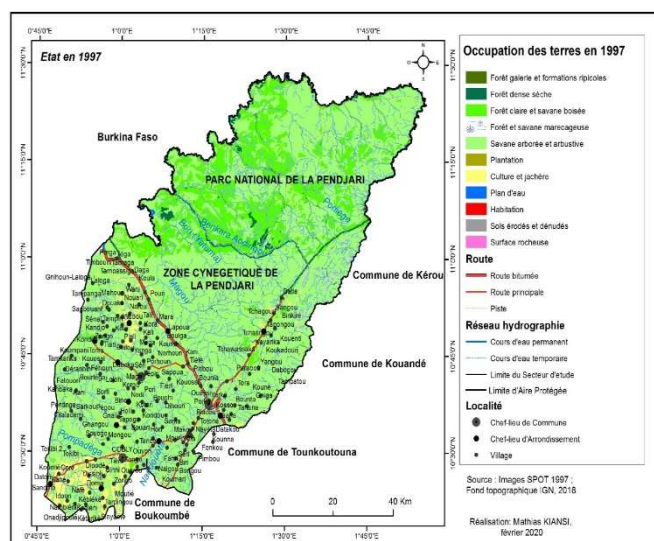


Figure 2 : Occupation des terres en 1997 au sein de la Communauté de communes de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin

L'analyse de la figure 2 montre une forte présence des forêts claires et savanes boisées, des savanes arborées et arbustives, des forêts galerie et formations rupicoles. Il ressort que la physionomie de la végétation et des autres unités d'occupations des terres était dominées par des espaces non agraires avec une dominance des savanes arborées et arbustives de 77,12 %. En 2017, cette même unité a subi une légère régression au profit des espaces agraires notamment les mosaïques de champs et de jachères suivant la figure 3 ci-dessus.

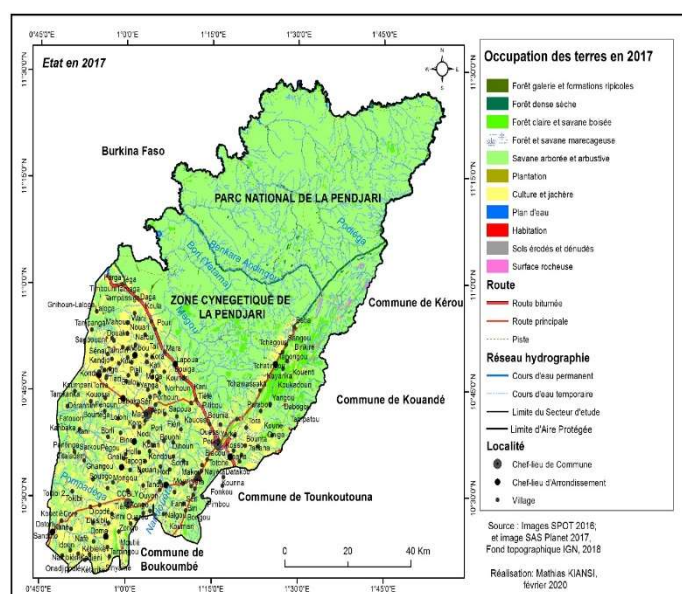


Figure 3 : Occupation des terres en 2017 au sein de la Communauté de communes de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin

Quantitativement, les statistiques des cartes d'occupation des terres obtenues après classification des images sont présentées dans le tableau n° 1. Il présente les surfaces en hectare des types d'occupation des terres identifiés.

3.1.1 Matrice de transition des unités de l'occupation des terres entre 1997 et 2017

L'évolution spatiale de l'occupation des sols au sein de la Communauté de communes de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin est traduite par la matrice de transition

Tableau I : Matrice de transition des unités d'occupation des terres entre 1986 et 2016

UOT 1997	UOT 2017											Total en 1997
	FGFR	FDS	FCSB	FSM	SASa	PLT	CJ	PE	HA	SR	SED	
FGFR	17930,22	0	0	0	0	0	1101,43	256,15	0	0	51,23	19339,02
FDS	0	409,83	409,83	0	2715,15	0	0	0	0	0	0	3534,82
FCSB	0	0	2587,07	0	120824,08	0	2279,70	102,46	51,23	0	0	125844,54
FSM	0	0	0	102,46	0	0	0	0	0	0	0	102,46
SASa	0	435,45	27202,71	589,14	424737,06	204,92	169901,66	512,29	2817,61	25,61	0	626426,44
PLT	0	0	0	0	0	102,03	0	0	35,11	0	0	137,14
CJ	0	0	25,61	0	7863,68	51,23	24769,32	0	742,82	0	102,46	33555,13
PE	0	0	0	0	0	0	0	76,84	0	0	0	76,84
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	1485,65	0	0	1485,65
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1485,65	0	1485,65
SED	0	0	0	0	0	0	76,84	0	0	0	179,30	256,15
Total en 2017	17930,22	845,28	30225,23	691,59	556139,97	358,17	198128,95	947,74	5132,42	1511,26	332,99	812243,82

Légende : FGFR : Forêt galerie et formation ripicoles ; FDS: Forêt dense sèche ; FCSB : Forêt claire et savane boisée ; SASa : Savanes arborée et arbustive ; SS : Savane saxicole ; PLT : Plantation ; CJ : Champs et jachères ; PE : Plan d'eau ; HA : Habitation ; SED : Sol érodé et dénudé ; UOT : Unités d'occupation des terres ; S₁₉₈₆ : Superficie en 1997 ; S₂₀₁₆ : Superficie en 2017

De l'analyse du tableau n° I, il ressort que quatre unités d'occupation des terres ont subi une évolution régressive dans le temps. Il s'agit : forêt galerie et formations rupicoles ; forêt dense sèche, forêt claire savane boisée et savane arborée et arbustive. En effet, de 1997 à 2017, forêt galerie et formations rupicoles ont connu une évolution régressive de -0,38 % avec un taux moyen annuel d'expansion spatiale de 7,28 %. Cette transformation est bénéfique aux cultures et jachères et au plan d'eau. La forêt dense sèche (-7,15 %) ; la forêt claire et savane boisée (-7,13 %) et savane arborée et arbustive (-0,60 %). Par contre, la forêt et savane marécageuse (9,55 %), la plantation (4,80 %), les cultures et jachères (8,88 %), le plan d'eau (12,56 %), les habitations (6,20 %), la surface rocheuse (0,09 %) et les sols érodés et dénudés (1,31 %) ont subi des évolutions progressives

3.2.2 Taux de conversion et d'expansion spatiale des unités d'occupation des terres entre 1997 et 2017

La figure 3 montre les taux de conversion et d'expansion spatiale entre 1997 et 2017

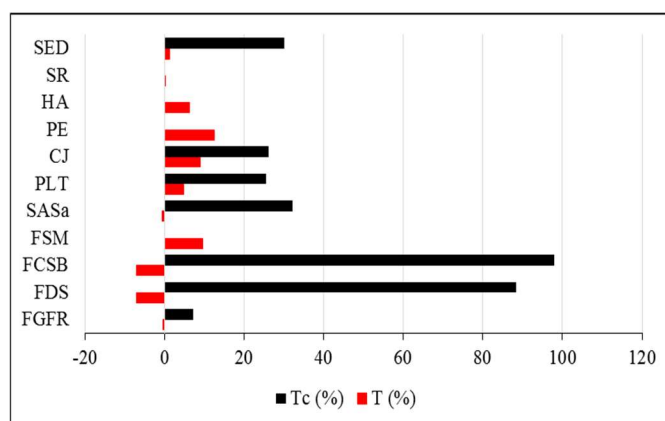


Figure 4 : Taux de conversion et d'expansion spatiale des unités d'occupation des terres entre 1997 et 2017

L'analyse de la figure 4 montre qu'entre 1997 et 2017, les autres unités comme les forêts claires et savanes boisées (97,94 %) et les forêts denses sèches (88,41 %) les savanes arborées et arbustives (32,20 %) et les forêts galeries (7,28 %) ont connu un taux de conversion accéléré. Avec un taux d'expansion négatif. Tandis que, les sols érodés et dénudés, la forêt et savane marécageuse, la plantation, les habitations et les champs et jachères ont connu un taux d'expansion faible mais positif.

3.2 Évolution des superficies des espaces agraires et non agraires

La figure 5 montre les proportions occupées par les espaces non agraire et agraire entre 1997 et 2017.

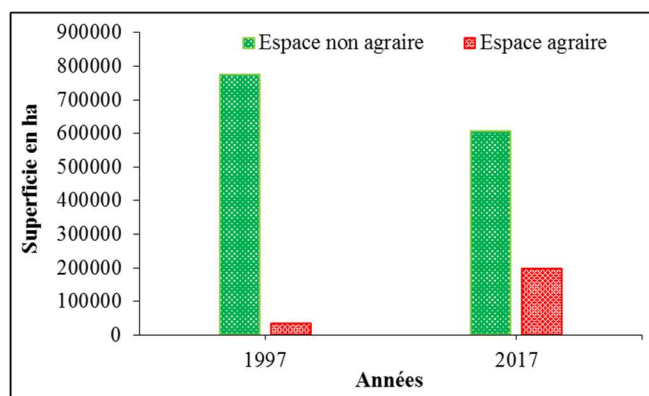
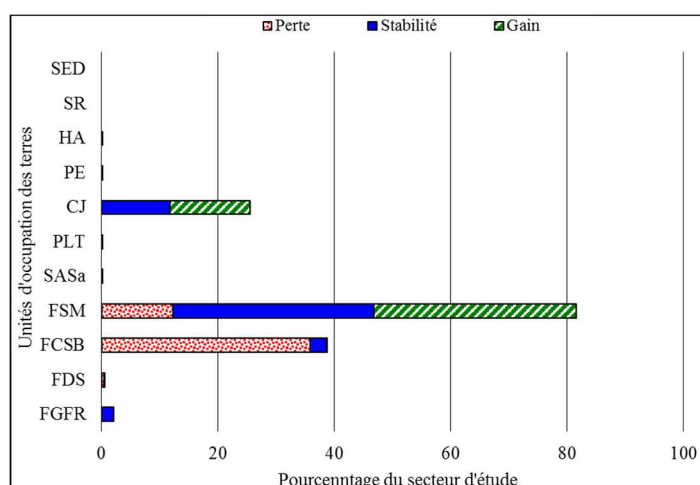


Figure 5 : Évolution des superficies des espaces agraires et non agraires entre 1997 et 2017

L'analyse de la figure 5 révèle qu'entre 1997 et 2017 l'espace agraire a connu une croissance qui devient plus rapide. En 20 ans, la variation de l'espace agraire dans la communauté de commune de la Pendjari a été de 16,93 %. Ce qui représente une transformation de 169414,98 ha du paysage non agraire de la zone d'étude.

3.3 Intensité des changements par catégorie d'occupation des terres entre 1997 et 2017

La figure 6 présente l'intensité des changements entre les différentes catégories d'occupation des terres et à l'intérieur de chacune d'elles dans le secteur d'étude entre 1997 et 2017.



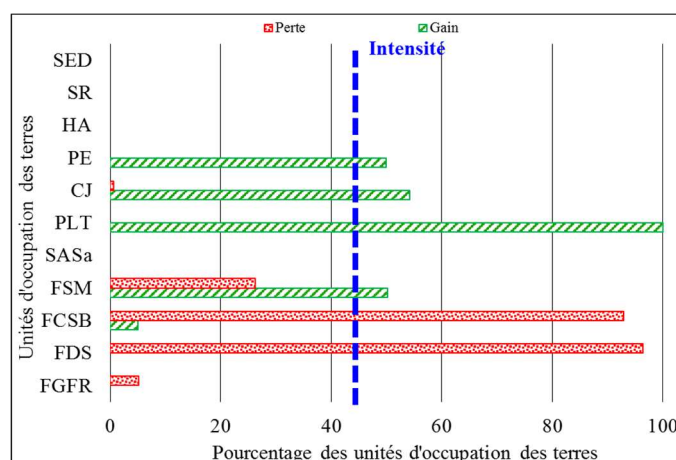
Légende : FGFR : Forêt galerie et formation rupicoles ; FD: Forêt dense ; FCSB : Forêt claire et savane boisée ; SASA : Savanes arborée et arbustive ; SS : Savane saxicole ; PLT : Plantation ; CJ : Champs et jachères ; PE : Plan d'eau ; HA : Habitation

Figure 6 : Intensité des changements opérés globalement entre catégories et à l'intérieur de chaque catégorie entre 1997 et 2017

De l'analyse de la figure 5, il ressort que les changements entre les unités d'occupation des terres se sont effectués de diverses formes sur le plan spatial. Dans chaque unité, des zones de perte, de stabilité et de gain ont été observés et occupent des proportions différentes dans le secteur d'étude. Ainsi, les forêts et savanes marécageuses sont les catégories où les changements ont été les plus significatifs sur environ 12 % de perte, 34 % de stabilité et 35 % de gain. Elles sont suivies des forêts claires et savanes boisées, qui ont affiché 36 % de perte et 3 % de stabilité. Viennent ensuite les cultures et jachères avec 12 % de stabilité et 14 % de gain de superficie au détriment des autres unités d'occupation des terres.

3.4 Intensités et vitesses des changements à l'intérieur de chaque catégorie d'occupation des terres entre 1997 et 2017

Pour mieux apprécier les changements enregistrés au sein des formations forestières et des autres unités d'occupation des terres, une synthèse de changements notamment d'intensité et de vitesses a été réalisée pour déterminer les catégories dormantes et actives de la transition sur une durée de 20 ans (Figure 7).



Légende : FGFR : Forêt galerie et formation ripicoles ; FD: Forêt dense ; FCSB : Forêt claire et savane boisée ; SASa : Savanes arborée et arbustive ; PLT : Plantation ; CJ : Champs et jachères ; PE : Plan d'eau ; HA : Habitation ; SED : Sol érodé et dénudé.

Figure 7 : Intensités et vitesses des changements par catégorie d'occupation des terres dans le secteur d'étude entre 1997 et 2017

L'analyse de la figure 7 montre que toutes les unités d'occupation des terres ont subies de changement sous forme de perte et de gain par rapport au pourcentage des unités.

La ligne verticale bleue en tireté est le seuil où les changements restent uniformes si les perturbations s'arrêtent dans le secteur d'étude. A gauche de cette ligne, les changements sont dits dormants ou lents tandis qu'à droite, les changements sont qualifiés d'actifs ou rapides. Ainsi, les changements opérés au niveau des différentes unités d'occupation des terres dans le secteur d'étude sont actifs ou rapides pour les six catégories d'occupation et dormants ou lents pour quatre catégories. De 1997 à 2017, ce sont les catégories constituées de plantations, de forêts claires savanes boisées et de forêt dense sèche qui ont connu la plus grande vitesse de changement dans le secteur d'étude avec respectivement 100 % de gain, 93 % de perte et 5 % de gain et 96 % de perte. Ces catégories ne sont pas les seuls qui ont connu des changements au cours de cette période. Il y a entre autres les plans d'eau avec 50 % de gain, les champs et jachères avec 54 % de gain et 1 % de perte, les forêt et savanes marécageuses avec 50 % de gain et 26 % de perte forêt galeries et formations rupicoles avec 5 % de perte.

IV. DISCUSSION

La cartographie de l'occupation des terres a permis de localiser les grands espaces paysagers de la zone d'étude. Les résultats de cette recherche révèlent une régression des espaces non agraires. Les images utilisées pour cette cartographie sont des images à haute résolution spatiale notamment les images SPOT et celles d'archive du Google Earth téléchargées sur SASPlanet. Selon [19], ces images offrent une haute répétitivité temporelle, et donc la possibilité d'un suivi précis dans le temps. Il a été démontré que les traitements numériques d'images satellitaires multidates constituent un outil efficace pour la caractérisation, la compréhension et l'analyse des changements des faciès environnementaux [20].

L'étude comparative des états de la végétation et des autres unités d'occupation des terres révèle une régression des espaces non agraire au profit des espaces agraires. En effet, la dynamique de l'occupation des terres des espaces agraires au sein des communautés des communes de la Pendjari montre qu'il y a un changement d'utilisation des terres forestières (les forêts galeries et les formations rupicoles, forêts denses sèches, savanes arborées et arbustives les forêts claires et les savanes boisées) vers les terres anthropiques (champs, jachères, plantations et habitations). Ces mêmes constats ont été faits par plusieurs auteurs dont [21]; [22] dans la zone soudanienne au Nord du Bénin, ainsi qu'à ceux de [8], de [7], de [23], de [24] et de [25] dans le même secteur. Ces

mêmes résultats sont obtenus par [1], selon qui la dynamique de l'occupation des terres montre une forte anthropisation des écosystèmes naturels.

Les informations concernant la dynamique de l'occupation ou utilisation des terres intégrant la dimension temporelle présentent un intérêt majeur pour les politiciens (qui évaluent les décisions touchant à la terre) et pour la communauté scientifique (qui découvre les causes sous-jacentes et les conséquences). Ces informations prennent une dimension beaucoup plus intéressante à travers l'analyse, l'identification et la description du processus en cours. Il faut bien veiller à préserver cette mosaïque des cultures et globalement l'organisation spatiale du paysage comprenant des constituantes végétales pérennes ou semi-pérennes qui apparaissent comme des leviers d'action privilégiés pour gérer les questions environnementales locales.

De 1997 à 2017 les espaces agraires ont connu une accélération rapide de leur superficie (54 % de gain) avec seulement 1 % de perte en 20 ans. Ces résultats confirment ceux de [24] et ceux de [25] qui estiment que les gains opérés au niveau des plantations, des sols érodés et dénudés et des champs et jachères sont rapides tandis qu'au niveau des savanes arborées et arbustives, forêt claires et savanes boisées et des habitations, les gains sont lents. Ils ont par la suite noté que les pertes plus rapides au niveau des forêts denses sèches et forêts claires et les savanes boisées et lentes au niveau des savanes arborées et arbustives, les galeries forestières et des champs et jachères. La dynamique de l'occupation des terres montre que les formations végétales denses, par opposition aux formations claires, régressent de façon drastique. [26] a fait le même constat en montrant que cela en résulte un amenuisement de la capacité productive des terres d'année en année. Ainsi selon ce dernier, l'extension des terres agricoles en réponse à leur baisse de rendement touche désormais les zones classées et protégées surtout la zone cynégétique du Parc National de la Pendjari. L'analyse des variations spatio-temporelles des changements d'états des paysages agraires grâce à l'outil SIG nous permettra de caractériser le système de production.

Les techniques de la télédétection et des SIG ont été utilisées pour cartographier les dynamiques et fournir un outil d'aide à la décision surtout en matière d'aménagement du territoire et de gestion des terres agricoles. La télédétection offre une méthode sûre et efficace de collecte d'informations dans le but de cartographier le type et de chiffrer la superficie des cultures. En plus d'offrir une vue synoptique, la télédétection peut fournir de l'information sur la structure et la santé de la végétation [27].

V. CONCLUSION

La dynamique des espaces agraire dans le secteur d'étude a été analysée grâce aux images à haute résolution spatiale notamment les images SPOT. Cette étude a montré que sur un intervalle de vingt ans, les espaces agraires ont augmenté d'environ 16 % de leurs superficies au détriment des formations forestières naturelles et des autres unités d'occupation des terres. Le suivi des espaces agraires dans la zone d'étude s'impose donc comme une priorité pour les décideurs politiques comme pour les scientifiques surtout dans un contexte de changement climatique. Dans ce cadre, le recours aux Systèmes d'Information Géographiques (SIG) et aux images offertes par Google Earth s'avère indispensable pour la conservation de la zone protégée notamment la zone cynégétique et le Parc National de la Pendjari.

RÉFÉRENCE

- [1] Zakari S., Toko Imorou I., Thomas O. A. B., Djaouga M. Arouna O. (2018). Application de la télédétection et du SIG au suivi des formations végétales de la forêt classée des trois rivières au Nord-est du Bénin. *European Scientific Journal*. Vol.14 (15): pp 1857-7881.
- [2] AKPINFA D. E., 2017. Dégradation des terres agricoles dans les communes de Dassa-Zoume et de Glazoue au Bénin : déterminants et implications socio-économiques. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 365 p.
- [3] PAM, 2014 : Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire (AGVSA), Cotonou, Bénin, 146 p
- [4] Salé Bouraima A. R., (2018). *Dégradation des sols liée aux pratiques agricoles dans la Commune de Malanville au Nord-Ouest du Bénin*. Mémoire de DEA/EDP, 103 p
- [5] Antonio B., Benoît G., David M., Monia E. A., Laure B., Aude B., Bellassen V., Bessou C., Dumas P., Gaba S., Wohlfahrt J., Sandoval M., Le Perchec S., Savini I., Réchauchère O., (2017). *Effets environnementaux des changements d'affectation des sols liés à des réorientations agricoles, forestières, ou d'échelle territorial: une revue critique de la littérature scientifique, Synthèse du rapport d'étude*, INRA (France), 64 p.

- [6] Tenté B. A., (2005). *Recherche sur les facteurs de la diversité floristique des versants du massif de l'Atacora : secteur Perma-Toucountouna (Bénin)*. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 252 p.
- [7] Agbanou T., Paegelow M., Toko Imorou I., Tente B. (2018). Modélisation des changements d'occupation des terres en région soudanienne au nord-ouest du Bénin. *European Scientific Journal* Vol.14, (12), pp. 248-266.
- [8] Kombienou P. D., (2016). Influence des systèmes de productions agricoles sur l'occupation des terres, la fertilité des sols et l'agro-biodiversité en zone montagneuse dans le département de l'Atacora au Bénin. Thèse de Doctorat, EDP/UAC.
- [9] EDP –Pendjari, 2011 : Rapport final du diagnostic territorial de la Pendjari, Rapport, Tanguiéta, 82 p.
- [10] Kioko J. & Okello M. M., (2010). Land use cover and environmental changes in a semiarid rangeland, Southern Kenya. *Journal of Geography and Regional Planning* Vol. 3(11), pp. 322-326.
- [11] Arouna O. (2012). Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin: implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 246 p.
- [12] Dagnelie P., (1998). Statistique théorique et appliquée (Tome 2). De Boeck & Larcier, Paris–L'espace géographique, 2, 147-165.
- [13] Pontius, R.G., Shusas E., Mceachern M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 101, pp. 251–268.
- [14] Barima Y. S. S., Barbier N., Bamba I., Traoré D., Lejoly J. & Bogaert J., (2009). Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois et forêts des tropiques*, 299(1): pp 15-25.
- [15] Mugisha S., Tenywa M. M. et Burt P. J. A., (2010). An improved technique for the prediction of optimal image resolution(s) for large-scale mapping of savannah ecosystems. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(10): 709-717.
- [16] [16] Toko Issiaka Nourou, Arouna Ousséni, Toko Imorou Ismaïla, (2016). Cartographie de la dynamique spatio-temporelle des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les communes de Banikoara et de Karimama au Bénin (Afrique de l'ouest). *European Scientific Journal*, vol.12, No.32 pp. 1857- 7431.
- [17] Oloukoï J., Mama V. J. & Agbo F. B., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Télédétection* 6 (4): 305-323.
- [18] [18] Aldwaik S. Z. et Pontius J. R. G. (2012). Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. *Landscape and Urban Planning*, 106: pp 103-114.
- [19] Vintrou E., (2012). Cartographie et caractérisation des systèmes agricoles au Mali par télédétection à moyenne résolution spatiale. Doctorat Paris Tech., 204 p.
- [20] Kpedenou K. D., Ahe P., BoukpeSSI T., (2016). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation/utilisation des terres dans le Sud-Est Togo : essai de cartographie à l'aide de la télédétection spatiale ». *Revue de Géographie de Lomé*, N°16: 131-143. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01422929>.
- [21] [21] Avakoudjo J., Mama A., Toko I., Kindomihou, V., & Sinsin, B. (2014). Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(6), 2608–2625.
- [22] Mama A., Sinsin B., De Cannière C., Bogaert J. (2013). Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *Tropicultura*, 31(1): 78-88.
- [23] Orou Seko M. S. S., Ogouwalé E., Tenté B., 2018. Modeling of Environmental Dynamics Using the SpaCelle Software in the Department of Alibori in Benin (West Africa). *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)* Volume 43, No 1, pp 211-226 .

- [24] Kouta S. et Toko Imorou I. (2019). Forest landscape dynamics in the cotton basin of North Benin. *International Journal of Forest, Animal and Fisheries Research*, Vol.3, Issue-6, pp. 195-202.
- [25] Kouta S. (2020). *Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres et résilience de la flore dans le bassin cotonnier du Nord-Bénin*. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 277 p.
- [26] Zakari S., (2015). *Vulnérabilité des parcours naturels aux changements climatiques dans le bassin de la Sota à l'exutoire de Couberi (Bénin)*. Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, 203 p.
- [27] Khebour-Allouche F., Romdhane A., Slim S., M'sadak Y. (2017). Apport des SIG à l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'agrosystème d'une grande exploitation conduite en milieu semi-aride (Tunisie) ». *Algerian journal of arid environment*. vol. 7, n°2, pp. 58-71.
- [28] Boko M., 1988. Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres et sciences Humaines : Univ. de Bourgogne, Dijon, 2 volumes, 601 p.
- [29] Houssou S. C., 1998. Les bioclimats humains de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin et leurs implications socioéconomiques. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 331 p.
- [30] Houndenou, C. 1999. Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de doctorat de Géographie. UMR 5080, CNRS « climatologie de l'Espace Tropical », Université de Bourgogne, Centre de recherche de climatologie. 341 p.
- [31] MEHU, 2005. Identification des « régions » comme unités de planification territoriale et de gestion du développement au Bénin, Rapport d'étude, Bénin, 56 p.