

# Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin

Séverin Biaou, Felix Houeto, Gérard Gouwakinnou, Samadori Sorotori Honoré Biaou, Beranger Awessou, Sèwanou Tovihessi, Raphaël Tete

▶ **To cite this version:**

Séverin Biaou, Felix Houeto, Gérard Gouwakinnou, Samadori Sorotori Honoré Biaou, Beranger Awessou, et al.. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin. Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Mar 2019, Cotonou, Bénin. hal-02189367

**HAL Id: hal-02189367**
**https://hal.science/hal-02189367**

Submitted on 19 Jul 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 de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin

BIAOU Séverin [1,*] , HOUETO Ogoubiyi Félix [2], GOUWAKINNOU Gérard Nounagnon [1], BIAOU Samadori Sorotori Honoré [1], AWESSOU Beranger [3], TOVIHESSI Sèwanou Marc[1], TETE Raphaël [2]

[1] Laboratoire d'Écologie, de Botanique et de Biologie végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Parakou, Bénin.

[2] Centre National de Télédétection et de suivi Écologique (CENATEL), Cotonou, Bénin

[3] Direction Générale des Eaux, Forêts et Chasses (DGEFC), BP 393, Cotonou, Bénin.

* Auteur correspondant: BIAOU Séverin, sbbiaou@gmail.com

**Résumé**

L'anthropisation des écosystèmes forestiers est devenue un problème environnemental majeur qui impacte la biodiversité dans le monde. Répondre à une telle problématique nécessite le suivi de l'utilisation des terres. Au Bénin, les forêts classées et principalement celle de Ouénou-Bénou subissent de très fortes pressions anthropiques marquées par une surexploitation des ressources naturelles. Ainsi, cette étude vise à analyser la dynamique spatio-temporelle afin de rendre plus efficace la gestion de cet écosystème. Pour cela, l'étude diachronique à partir des images satellitaires Landsat TM des années 1990 et SPOT des années 2000 et 2014 a été utilisée. Les résultats ont révélé que les formations naturelles ont régressé au profit des mosaïques champs et jachères. Les savanes arborées ont été les plus vulnérables aux changements alors que les plantations fruitières et les mosaïques champs et jachères sont vulnérables à l'expansion. Entre 1990 et 2000 le taux annuel de déforestation est estimé à 1,7% dans cette forêt classée. Alors que dans la période de 2000 à 2014, le taux annuel de déforestation est de 0,9%. Durant ces périodes le taux de reconstitution a été faible. Les différents changements observés résultent d'une forte exploitation des ressources caractérisées par l'expansion des terres agricoles et l'exploitation forestière. La prise en compte de ces facteurs et la planification participative de l'utilisation des terres, constituerait un moyen pour rendre efficace la gestion durable de ce massif forestier.

**Mots clés** : Occupation du Sol, Utilisation des Terres, Images satellitaires, Déforestation, Bénin

**Abstract**

Anthropogenic pressure of forests ecosystems has become a major environmental issue that is impacting worldwide biodiversity. Addressing such problem requires to monitor the use of lands. In Benin, classified forests and particularly Ouénou-Bénou forest is undergoing a high anthropogenic pressure such as overexploitation of natural resources. Thus, this study aims to analyze Ouénou-Bénou forest spatial-temporal dynamics to suggest sustainable use of its natural resources. So, the diachronic study based on the Landsat TM satellite images of 1990s and SPOT of 2000 and 2014 years were used. Results showed that natural stands decreased in favor to farmlands and fallow mosaics. Wooded savannah has been the most vulnerable to changes, while fruiting plantations and mosaics of farmlands and fallow lands are vulnerable to expansion of area. Between 1990 and 2000 the annual rate of deforestation is estimated at 1.7 p.c within this classified forest. While, from 2000 to 2014 period, the annual rate of deforestation is 0.9p.c with a low rate of tree reforestation. The overexploitation of resources by extension of farmland and logging has generated the various changes observed. Therefore, for sustainable management of this forest, a participative management of land-use may constitute the best approach.

**Keywords:** Land-Cover, Land-Use, Satellite Images, Deforestation, Benin

## 1. INTRODUCTION

L'importance des écosystèmes forestiers dans le maintien de l'équilibre global de la planète est largement admise. En effet, les forêts recouvrent près de 31% de la surface de la planète et assurent les services écosystémiques essentiels d'approvisionnement et culturels pour le bien être des peuples (FAO, 2018). Elles assurent également le soutien et la régulation des processus de base nécessaires à une fourniture continuelle de ces services. En ce sens, elles constituent un élément indispensable dans l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD) qui lui font d'ailleurs référence en son point 15 (FAO, 2018). La déclaration de New York sur les forêts en 2014 reconnait que les forêts soutiennent la biodiversité terrestre à plus de 80% (FAO, 2018). Cependant, le constat de la disparition du couvert forestier est un fait. En effet, les études récentes menées coordonnées par la FAO font état d'un recul du couvert forestier terrestre qui est passé de 31,6% en 1990 à 30,6% en 2015 (FAO, 2018). Alors que ces chiffres montrent une tendance globale, la réalité est plus frappante dans les pays en développement situés dans les zones tropicales et connus pour être de grandes zones forestières. En réalité, le couvert forestier sur l'ensemble des terres émergées en Afrique subsaharienne, est passé de 30,6 % à 27,1 % entre 1990 et 2015 (FAO, 2018).

En Afrique de l'Ouest, et particulièrement au Bénin, le changement d'occupation des terres se traduit par la déforestation et la dégradation du couvert végétal qui s'accentuent à un rythme effréné et inquiétant (Agbanou et al., 2018). La cause principale de ces facteurs est généralement l'intensification des activités anthropiques. Bien que le Nord du Bénin concentre 92,5% de la couverture forestière nationale (Hountondji, 2008), il héberge la plus grande partie de la population agricole avec une forte croissance démographique. Cette croissance induit une pression anthropique sur les écosystèmes forestiers. Selon la FAO (2016), l'extension accrue des aires de cultures et des habitations provoque une diminution progressive de l'étendue des surfaces boisées. Ce changement d'affectation de terre se répercute sur la configuration du paysage du milieu (Bamba et al., 2008) et fragilise la structure des sols (Akognongbe et al., 2014). Pour Muller et al. (2011) et Rhazi et al. (2012), les pressions anthropiques entrainent les dysfonctionnements et la perte des valeurs bioécologiques des écosystèmes.

Ainsi, pour lutter contre ces pressions la République du Bénin a adopté depuis 1994 une nouvelle politique forestière caractérisée essentiellement par la rupture avec la méthode répressive et exclusive de conservation et de gestion des forêts (Djogbenou et al., 2011). Elle a adopté une approche de gestion participative avec les populations locales et la dotation de certaines forêts classées d'un plan d'aménagement. Malgré cette politique forestière la dégradation et la déforestation évoluent sans cesse dans les forêts classées destinée à conserver la biodiversité. Parmi ces forêts figure la forêt classée de Ouénou- Bénou située au nord du Bénin. Elle est entourée des terroirs villageois destinés aux activités agropastorales (Issiaka et al., 2016) avec une forte croissance démographique. Cette forêt classée doté d'un plan d'aménagement participative qui restreint le droit d'usage de la communauté locale à une exploitation forestière contrôlée, afin de conserver la biodiversité et d'assurer la régulation du climat,

subit des pressions agricoles perturbant le rôle assigné à ces écosystèmes. De plus, cet écosystème est ceinturé par les grandes communes productrices de coton du Bénin et, est de ce fait influencés par une forte dynamique de l'occupation des terres.

Dans une telle situation, la planification et la gestion de l'utilisation des terres dans cette forêt classée s'avère nécessaire. A cet effet, l'analyse diachronique de l'occupation du sol qui permet de ressortir la répartition spatiale des changements est indispensable. Cette approche par télédétection, largement recommandée par plusieurs auteurs (Franklin et Alii, 2002; Soro et Alii, 2014; Ngo Makak et al., 2018) devient de plus en plus incontournable dans l'aménagement des écosystèmes (Mamane et al.,2018). Alors, le suivi de l'évolution de l'occupation des terres sur un pas de temps, autours de cette forêt classée vulnérable aux pressions anthropiques constitue un moyen très important pour apprécier efficacement les tendances de dynamiques. L'objectif de cette étude, est d'analyser la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol à partir de l'imagerie satellitaire et des données de terrains afin d'améliorer la politique nationale de planification et de gestion efficace bénéfique pour l'évolution de cet écosystème forestier.

## 2. DONNEES ET METHODES

### 2.1. Présentation de la Forêt classée de Ouénou-Bénou

La forêt classée de Ouénou-Bénou ratifiée domaine forestier classé de l'Etat Béninois par l'arrêté n° 3678 S.E du 15 octobre 1943. Elle est située dans la partie Nord du Bénin entre 2°29' et 2°43' de longitude Est puis 10°11' et 10°23' de latitude Nord. Elle couvre une superficie de 30000 ha. Elle est entourée par les communes du département du Borgou (Bembèrèkè, Sinendé) (Figure 1). Cette forêt appartient au Bassin Nord de fourniture en bois – énergie et bénéficie majoritairement d'un climat de type soudanien qui est caractérisé par un régime pluviométrique unimodal avec un gradient septentrional allant de 900 mm à 1200 mm (Adomou, 2005).

La végétation climacique est constituée des savanes arbustives et des mosaïques de champs et de jachères et quelques îlots de forêts claires et de savanes boisées (White, 1983). On y rencontre majoritairement les essences telles que *Khaya senegalensis*, *Daniellia oliveri*, *Diospyros mespiliformis*, *Isoberlinia spp*, *Detarium microcarpum*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Vitex doniana*, *Combretum spp* (DGFRN, 2009). Les plantations domaniales sont dominées par *Anacardium occidentale*, de *Gmelina arborea*, de *Tectona grandis* et *Eucalyptus camaldulensis*. La faune de cette forêt classée autrefois riche et diversifiée est aujourd'hui menacée de disparition via les activités anthropiques. Néanmoins, on peut encore rencontrer quelques phacochères, des guib harnachés et des Céphalophes (DGFRN, 2009).

Les sols ferrugineux tropicaux sont très fréquents dans la région tandis que les autres types de sols sont très faiblement représentés et très localisés.

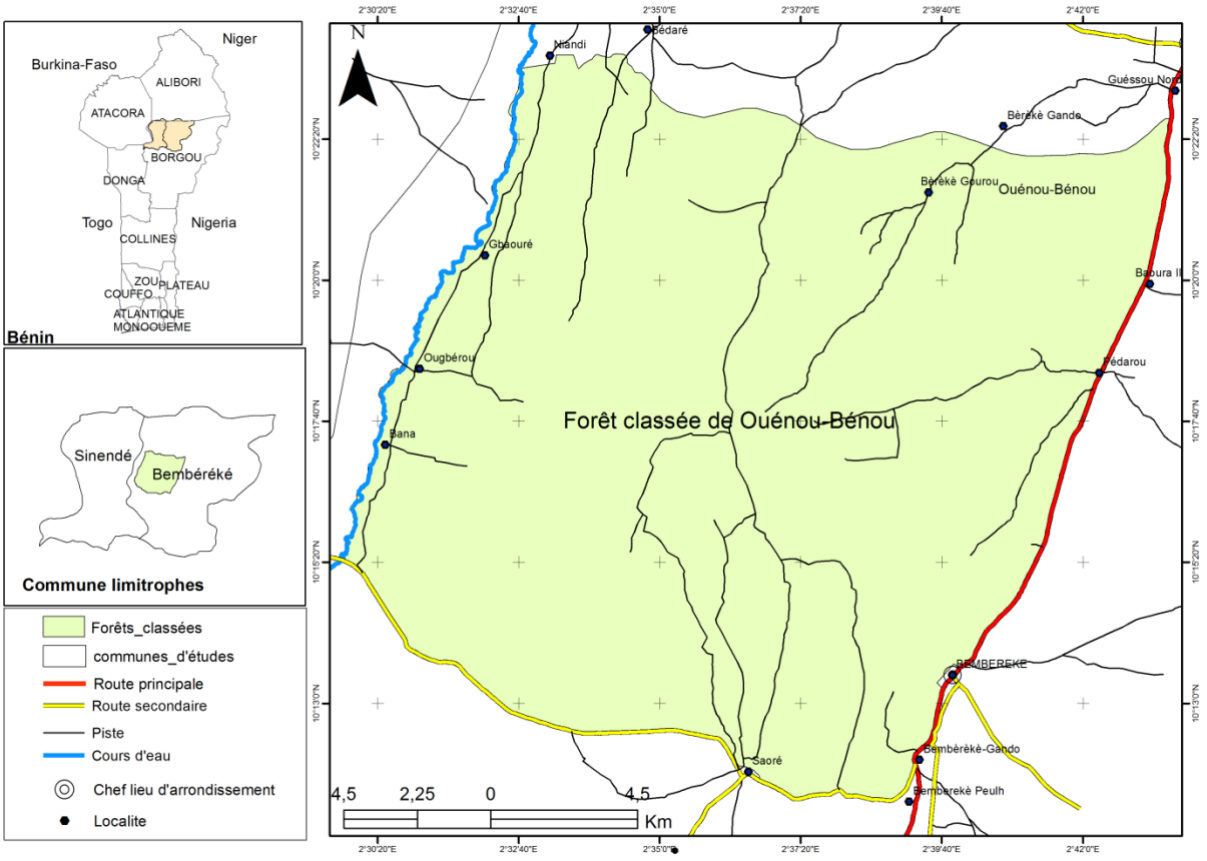



*Figure 1 : Présentation de la forêt classée de Ouénou-Bénou*

Les principales activités des riverains sont l'agriculture et l'élevage. L'agriculture est extensive sur brûlis. La culture cotonnière est très développée et insuffle à la zone une dynamique socio-économique (Hountondji, 2008). L'élevage est extensif et dominé par la transhumance pendant la saison sèche.

### 2.2. Données utilisées

Le suivi de l'évolution par analyse de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou s'est basé sur les cartes topographiques au 1/200000 réalisées en 1955 et mises à jour en 1972 par l'IGN et couvrant la zone de la forêt classée et des images satellitaires SPOT des années 2000 (scènes SPOT XS 63-329 et 63-330 du 22/12/2000) et 2014 (SPOT XS 63-329, 63-330 du 03/12/2014) et des images Landsat 5 TM (scènes 192-53 du 01/02/1990) couvrant la zone d'étude. Les images SPOT ont été obtenues dans le cadre du projet d'Observation Spatiale des Forêts de l'Afrique Centrale et de l'Ouest (OSFACO). Les images Landsat ont été obtenues des archives du Central National de la Télédétection et du suivi écologique (CENATEL) du Bénin. En plus, les données relatives aux coordonnées de différentes unités d'occupation du sol ont été collectées lors des activités de contrôles terrain du 18 au 27 Novembre 2017. A cet effet, 120 points d'intérêt ont été relevés par Système de Positionnement Global (GPS) suivant sept (07) axes dans les différentes classes d'occupation du sol. Les types de végétation ont été identifiés sur la base de la classification de yangambi (Aubreville, 1957).

2.2.1. Traitement des images satellitaires

Le traitement des images à débuter par le prétraitement des images de chaque capteur. Les images SPOT ont subi des corrections géométriques et des améliorations de couleurs avant réception. Par contre, des extractions et des mosaïques d'images ont été faites. Quant aux images Landsat, des améliorations radiométriques ont été appliquées afin d'augmenter la lisibilité des images et de faciliter leur interprétation. Elles ont été suivies d'opérations de géoréférencement dans le référentiel UTM WGS 84 Zone 31 Nord de même que les images SPOT de 2014 pour les rendre superposables à ces derniers. Pour ce faire, la méthode de transformation par polynôme du deuxième degré suivi d'un ré-échantillonnage au plus proche voisin qui conserve la valeur radiométrique originale de l'image (Agrawal & Srikant, 1994) a été utilisée. L'erreur moyenne quadratique est de l'ordre d'un pixel en utilisant 12 points de calage. Toutes ces opérations de traitement ont été faites à l'aide du logiciel ERDAS Imagine. Une composition colorée en fausse couleur associant les canaux 4 pour l'infrarouge, 3 pour le rouge et 2 pour le vert pour l'image Landsat et les canaux 3 pour l'infrarouge, 2 pour le rouge et 1 pour le vert pour les images SPOT à l'ordre colorimétrique Rouge, Vert, Bleu a été appliquée. Ces bandes sont les plus utilisées pour discriminer les différentes classes de végétation (Diouf et al., 2012; Rifai et al., 2018).

Ainsi sur la base des cartes thématiques existantes et des observations recueillies sur le terrain, les classes suivantes ont été retenues : Forêt dense, Forêt claire et Savane boisée, Forêt galerie et formation ripicole, Savane arborée, Savane arbustive et Savane herbeuse, Plantation forestière, Plantation fruitière, Mosaïque de culture et jachère, Plan d'eau et Habitat. L'interprétation visuelle qui correspond à la méthode traditionnelle de photo-interprétation des images satellites a été faite. Cette interprétation consiste à identifier les différents types de classes homogènes sur les images (Hammi et al., 2007). Ainsi, les différentes classes d'occupation du sol ont été identifiées et digitalisées sous le logiciel ArcGIS 10.3 sur la base de la signature spectrale des unités d'occupation du sol (la couleur, le ton, la structure, la texture, la forme et la localisation). L'interprétation visuelle des images a démarré par celles de l'année 2014. Par ailleurs, l'interprétation visuelle des images SPOT de l'année 2000 a été réalisée à partir de l'image interprétée de l'année 2014. Pour les images Landsat de 1990, leur interprétation a été faite à partir de celle de l'année 2000.

2.2.2. Validation de la qualité de l'interprétation

La validation de la qualité de l'interprétation a tenu compte de l'image 2014 comme étant la référence pour l'interprétation des autres images (1990 et 2000). Ainsi, une matrice de confusion sur la base de la confrontation des 120 points de contrôles terrain dans les différentes classes d'occupation du sol a été réalisé ainsi qu'une interprétation de l'image de 2014. Cette matrice de confusion, a permis de déterminer la précision d'utilisateur (les erreurs de commission) et la précision du producteur (Les erreurs d'omission) afin d'évaluer la précision globale et l'indice Kappa (K).

En outre, la précision globale et l'intervalle de confiance (Ic) à 95% ont été calculés.

$$Ic = \sqrt{a}\frac{1-a}{N} * 1{,}96$$

Avec *IC* : Intervalle de confiance à 95% ; *a* : Précision globale et *N* = Nombre d'observations.

$$K = \frac{a-b}{1-b} \text{ avec } a = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{Nc} xii \text{ et } b = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{Nc}(x_{+i}.x_{i+})$$

*Nc* : Nombre total de classe ; *N* : Nombre total de points d'observation ; *xii* : Nombre de points d'observation dans la colonne i et ligne i correspondant à la diagonale de la matrice ; $x_{i+}$ = Total de points d'observation dans la colonne i (total à droite dans la matrice) et $x_{i+}$ : Total de points d'observation dans la ligne i (total en bas de la matrice).

**2.3. Analyse de l'état et de la dynamique de l'occupation du sol**

2.3.1. Évolution temporelle de l'occupation du sol

L'évolution temporelle (*Te*) des types d'occupation du sol entre deux dates $t_1$ et $t_2$ correspond au taux de changement ou d'évolution de l'occupation du sol. Il est obtenu à partir de la matrice de transition (Coulibaly et al., 2016) :

$$Te = \frac{S1-S2}{S1} * 100$$

Avec $S_2$= surface à la date t2 et $S_1$ = surface à la date t1

2.3.2. Évolution spatiale de l'occupation du sol de 1990 à 2014

L'analyse de l'évolution spatiale de l'occupation du sol est réalisée à l'aide de la matrice de transition ou de conversion des types d'occupation du sol entre deux périodes (1990 à2002 et 2002 à2014). Cette matrice montre dans la diagonale les zones de stabilité et permet de comprendre les redistributions entre elles ainsi que des différentes affectations au sol. Ces dernières représentent les gains des autres sous forme de contribution. Pour conduire cette approche la période de 1990 et 2014 a été utilisée et les analyses ont porté sur la redistribution des savanes arborées et les contributions aux expansions des mosaïques de culture et jachère.

2.3.3. Analyse de la vulnérabilité aux changements

La vulnérabilité au changement de chaque type d'occupation du sol est calculée à l'aide respectivement du ratio Gain/stabilité (Gs = g/s), le ratio Perte/Stabilité (Ps = p/s) et le ratio Changement net /stabilité (Ns = Gs-Ps). Les termes *g, s* et *p* représentent respectivement les gains, les zones de stabilité et les pertes de superficie de chaque occupation du sol.

2.3.4. Déforestation et la dégradation forestière

La déforestation et la dégradation forestière au sein de la forêt classée de Ouénou-Bénou ont été étudiées à partir d'un regroupement des transitions des types d'occupation du sol. Les données de la matrice ont été donc définies et interprétées en catégorie de changement sous forme de

- Dégradation : diminution de la densité des formations forestières naturelle ;
- Déforestation : conversion des formations forestières naturelles en plantations et autres formations non forestière
- Amélioration : augmentation de densité des formations forestières naturelles et ;
- Reconstitution naturelle : conversion des plantations et autres formations non forestière en formations forestières naturelles.

Elles ont permis de calculer ces changements et d'analyser la déforestation et la dégradation forestière.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Cartographie et validation de l'interprétation visuelle

Dix types d'occupation du sol ont été cartographiés (Figure 2). Ces types sont représentés au niveau des formations naturelles par la forêt dense, la forêt claire, les savanes (boisées, arborées, arbustives et herbeuses) et les plans d'eau. Les formations anthropiques quant à elles sont constituées des mosaïques champs et jachères, des plantations forestières et fruitières et des agglomérations. La discrimination de ces différents types d'occupation du sol a été significative malgré certaine confusion pour l'ensemble des classes définies (les pixels de certaines unités d'occupation des terres ont été confondues à d'autres). C'est le cas des confusions entre les habitats et les cultures au niveau de certains hameaux très réduit dans les zones de cultures donc difficile à identifier et entre les savanes et les cultures. Le résultat de l'analyse de fiabilité a donné une précision globale de 87,86 % avec un intervalle de confiance de +/- 3,44% et un indice Kappa de 0,86. Ce qui traduit un accord presque parfait pour la qualité de l'interprétation des images (Tableau 1). Toutes les classes d'occupation du sol ont obtenu de meilleurs taux de précision (>80%) (Tableau 1).

### 3.2. État et dynamique de la forêt classée de Ouénou -Bénou

3.2.1. État de l'occupation du sol en 1990, 2000 et 2014

L'analyse des cartes d'occupations du sol de 1990, 2000 et 2014 permet de constater une différence dans la dynamique observée au cours des périodes 1990-2000 et 2000-2014. Il ressort que les forêts denses, les forêts claires, les savanes (arborées, arbustives et herbeuses) ont été converties en mosaïques de cultures et de jachères, plantations et habitations entre 1990 et 2000 (Figure 2). La tendance s'est accentuée entre 2000 et 2014, car les superficies des mosaïques de champs et jachères sont plus dominantes (Figure2).

De façon quantitative, cette forêt classée, est caractérisée en 1990 par les formations naturelles parmi lesquelles dominaient les forêts claires et les savanes boisées (9568 ha soit 25%) et les savanes arborées (19791 ha) soit 52,6 % de la superficie totale de la forêt classée (Figure 3). Les mosaïques de cultures et de jachères ne couvraient que 2998 ha soit 8 de sa superficie. En 2000, l'on assiste à la domination des formations anthropiques avec l'apparition des mosaïques de cultures et de jachères qui occupent une superficie de 8802 ha (24%). Les savanes arborées (15491 ha, soit 41%) et les forêts claires et savanes boisées (7992 ha soit 21%) (Figure 3). En 2014, les superficies des savanes arborées ont diminué avec 12899 ha soit 34 % au profit des mosaïques de cultures et de jachères (11945 ha, soit 32% de la superficie totale) (Figure 3).

*Tableau 1 : Matrice de confusion de l'interprétation visuelle de l'image SPOT XS 2014*

| Référence terrain | FD | FG | FCSB | SA | PTFR | CJ | PTFT | STSH | PE | HA | Total | PU (%) | EC (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FD** | 9 | | 1 | | | | | | | | **10** | 90,00 | 10,00 |
| **FG** | | 29 | | | | | | | | | **29** | 100,00 | 0,00 |
| **FCSB** | 1 | 1 | 45 | 2 | | 1 | | | | | **50** | 90,00 | 10,00 |
| **SA** | | | 2 | 59 | | 5 | | 1 | | | **67** | 88,06 | 11,94 |
| **PTFR** | | 1 | | | 20 | 2 | 1 | | | | **24** | 83,33 | 16,67 |
| **CJ** | | | 1 | 1 | 3 | 70 | 2 | 1 | | 4 | **82** | 85,37 | 14,63 |
| **PTFT** | | | | 0 | 2 | 6 | 35 | | | | **43** | 81,40 | 18,60 |
| **STSH** | | | | 1 | | | | 15 | | | **16** | 93,75 | 6,25 |
| **PE** | | | | | | | | | 3 | | **3** | 100,00 | 0,00 |
| **HA** | | | | | | 3 | | | | 19 | **22** | 86,36 | 13,64 |
| **Total** | **10** | **31** | **49** | **63** | **25** | **87** | **38** | **17** | **3** | **23** | | **346** | |
| **PP (%)** | 90,00 | 93,55 | 91,84 | 93,65 | 80,00 | 80,46 | 92,11 | 88,24 | 100,00 | 82,61 | | | |
| **EO (%)** | 10,00 | 6,45 | 8,16 | 6,35 | 20,00 | 19,54 | 7,89 | 11,76 | 0,00 | 17,39 | | | |
| **Précision globale** | | | | | | | | | | | | 87,86 | |
| **Indice Kappa (K)** | | | | | | | | | | | | 0,86 | |
| **Intervalle de confiance (IC)** | | | | | | | | | | | | +/- 3,44 | |

FD : Forêt dense, FGFR : Forêt galerie et formation ripicole, FCSB : Forêt claire et savane boisée, SA : Savane arborée, STSH : Savane arbustive et herbeuse, FTFR : Plantation forestière, FTFT : Plantation fruitière, MCJ : Mosaïque de culture et jachère, PE : Plan d'eau, HA : Habitat., PU : , PP : , EO :, EC

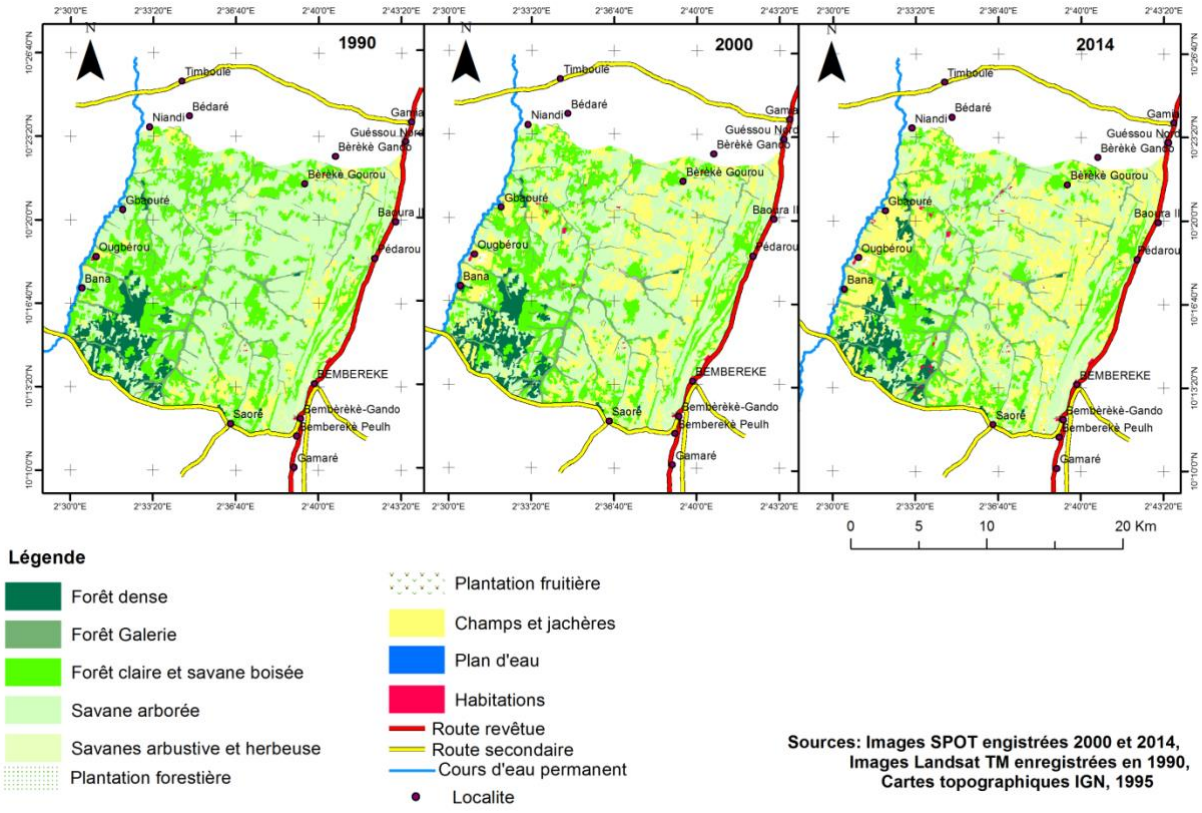



*Figure 2 : Cartes des états de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou de 1990, 2000 et 2014*

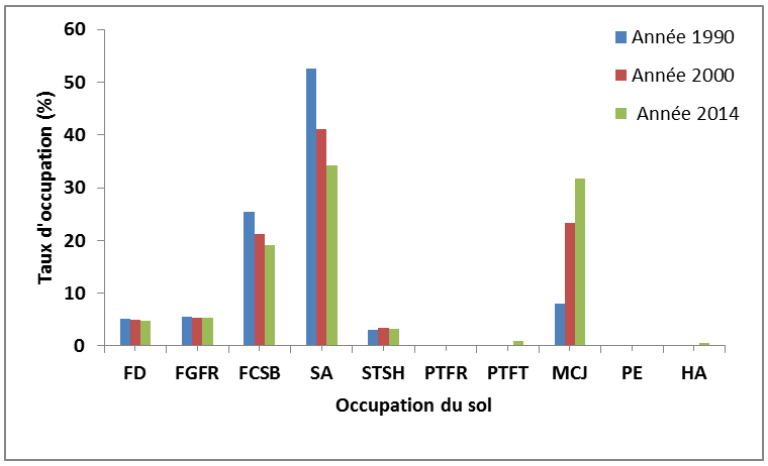



*Figure 3 : Évolution des superficies d'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou entre 1990, 2000 et 2014*

FD : Forêt dense, FGFR : Forêt galerie et formation ripicole, FCSB : Forêt claire et savane boisée, SA : Savane arborée, STSH : Savane arbustive et herbeuse, FTFR : Plantation forestière, FTFT : Plantation fruitière, MCJ : Mosaïque de culture et jachère, PE : Plan d'eau, HA : Habitat

3.2.2. Évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol de 1990, 2000 et 2014

Les évolutions spatiales de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou – Bénou sont traduites par la matrice de transition (Tableaux 2 et 3) Ainsi, la régression des différentes classes d'occupation du sol entre les différentes périodes se traduisent comme suit : les forêts denses ont connu des diminutions de leurs superficies de 114ha (5,33%) entre 1990 et 2000, et de 327ha (5,36%) entre 2000 et 2014 ;les forêts galeries 58 ha (2,21%) entre 1990 et 2000, et 32 ha (0,84) entre 2000 et 2014 ; les forêts claires et les savanes boisées 16,47% entre 1990 et 2000, et 9,77% entre 2000 et 2014. Les savanes arborées ont enregistré respectivement entre 1990 et 2000, 2000 et 2014 des diminutions de 5469 ha (21,73%) et 3588 ha (16,73 %). Quant aux savanes arbustives et herbeuses, elles ont connu une augmentation de 100 ha (8,19%). L'analyse des résultats de l'évolution temporelle de l'occupation du sol de 1990 à 2014 montre que les mosaïques de cultures et de jachères ont connu des changements importants. Ces augmentations de superficies proviennent de façon significative à plus de 70% des savanes arborées et près de 20% des forêts claires et des savanes boisées. Le reste des expansions est fait par des contributions venant des pertes des forêts denses (0,84%), des forêts galeries (0,53%), des savanes arbustives et herbeuses (0,28%).

3.2.3. Vulnérabilité au changement des classes d'occupation du sol

La vulnérabilité au changement des types d'occupation du sol varie d'une période à l'autre (Tableau IV). Il en découle qu'entre 1990 et 2000, 77,76% des types d'occupation du sol sont restés stables pendant que les mutations affectent 22,24% des formations (Tableau 4). Par ailleurs, la vulnérabilité aux changements a été très variable d'un type d'occupation du sol à un autre. Parmi les formations forestières naturelles, ce sont les galeries et formations ripicoles qui présentent une vulnérabilité relativement faible (-0,02%) par rapport aux savanes arborées (0,30%). Les plantations fruitières sont très vulnérables au changement soit 38 %. Les terres de culture présentent un taux (2,28%) élevé par rapport aux établissements humains (habitats). Au cours de la période de 2000 à 2014, l'ensemble des types d'occupation du sol ont connu un taux de stabilité de 83,18% et un taux de perte 16,82% équivalent au taux de gain (Tableau 5). La vulnérabilité affecte plus les savanes arborées (-0,22 %) que les forêts claires et les savanes boisées (-0,12%). Les plantations fruitières sont très vulnérables à l'expansion (6,26%) que les cultures et jachères (0,40%) et les habitats (0,96%)

*Tableau 2 : Matrice des changements d'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou Bénou entre 1990-2000 et 2000-2014*

| **Occupation du sol** | 2000 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1990 | FD | FGFR | FCSB | SA | STSH | PTFR | PTFT | MCJ | PE | HA | Total 1990 |
| FD | 1855 | 0 | 22 | 20 | 0 | 0 | 0 | 72 | 0 | 0 | 1969 |
| FGFR | 0 | 2021 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 2079 |
| FCSB | 0 | 0 | 7298 | 865 | 3 | 0 | 52 | 1331 | 0 | 19 | 9568 |
| SA | 10 | 10 | 510 | 14322 | 97 | 0 | 19 | 4795 | 0 | 28 | 19791 |
| STSH | 0 | 0 | 0 | 0 | 1156 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1160 |
| PTFR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| PTFT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 7 |
| MCJ | 0 | 0 | 158 | 279 | 0 | 0 | 10 | 2549 | 0 | 2 | 2998 |
| PE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 53 |
| Total 2000 | 1865 | 2031 | 7992 | 15491 | 1256 | 1 | 83 | 8802 | 0 | 105 | 37626 |

FD : Forêt dense, FGFR : Forêt galerie et formation ripicole, FCSB : Forêt claire et savane boisée, SA : Savane arborée, STSH : Savane arbustive et herbeuse, FTFR : Plantation forestière, FTFT : Plantation fruitière, MCJ : Mosaïque de culture et jachère, PE : Plan d'eau, HA : Habitat.

*Tableau 3 : Matrice des changements d'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou Bénou entre 1990 -2000 et 2000-2014*

| Occupation du sol | 2014 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000 | FD | FGFR | FCSB | SA | STSH | PTFR | PTFT | MCJ | PE | HA | Total 2000 |
| FD | 1538 | 0 | 237 | 80 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1865 |
| FGFR | 0 | 2001 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2033 |
| FCSB | 224 | 3 | 6715 | 341 | 0 | 0 | 0 | 674 | 0 | 35 | 7992 |
| SA | 3 | 7 | 80 | 11903 | 1 | 0 | 18 | 3427 | 0 | 52 | 15491 |
| STSH | 0 | 0 | 0 | 0 | 1228 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 1255 |
| PTFR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| PTFT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 41 | 0 | 0 | 83 |
| MCJ | 0 | 5 | 179 | 546 | 0 | 9 | 286 | 7766 | 0 | 11 | 8802 |
| PE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 | 105 |
| Total 2014 | 1765 | 2016 | 7211 | 12899 | 1229 | 10 | 346 | 11945 | 0 | 206 | 37627 |

FD : Forêt dense, FGFR : Forêt galerie et formation ripicole, FCSB : Forêt claire et savane boisée, SA : Savane arborée, STSH : Savane arbustive et herbeuse, FTFR : Plantation forestière, FTFT : Plantation fruitière, MCJ : Mosaïque de culture et jachère, PE : Plan d'eau, HA : Habitat

*Tableau 4 : Ratio des gains, pertes, et changement net à la récurrence de l'occupation du sol de à 1990 à 2000*

| 1990 à 2000 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Occupation du sol** | **Gain (%)** | **Perte (%)** | **Stabilité (%)** | **$G_S$** | **$P_S$** | **$N_S$** |
| FD | 0,03 | 0,3 | 4,93 | 0,01 | 0,06 | -0,05 |
| FGFR | 0,03 | 0,15 | 5,37 | 0,01 | 0,03 | -0,02 |
| FCSB | 1,84 | 6,03 | 19,4 | 0,09 | 0,31 | -0,22 |
| SA | 3,11 | 14,54 | 38,06 | 0,08 | 0,38 | -0,30 |
| STSH | 0,27 | 0,01 | 3,07 | 0,09 | 0,00 | 0,08 |
| PTFR | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PTFT | 0,22 | 0,01 | 0,01 | 22,00 | 1,00 | 21,00 |
| MCJ | 16,62 | 1,19 | 6,77 | 2,45 | 0,18 | 2,28 |
| PE | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| HA | 0,14 | 0,00 | 0,14 | 1,00 | 0,00 | 1,00 |
| **Total** | **22,24** | **22,24** | **77,76** | | | |

FD : Forêt dense, FGFR : Forêt galerie et formation ripicole, FCSB : Forêt claire et savane boisée, SA : Savane arborée, STSH : Savane arbustive et herbeuse, FTFR : Plantation forestière, FTFT : Plantation fruitière, MCJ : Mosaïque de culture et jachère, PE : Plan d'eau, HA : Habitat, Gs : ratio gain et stabilité, Ps : ratio perte et stabilité, Ns : différence gain et perte

*Tableau 5 : Ratio des gains, pertes, et changement net à la récurrence de l'occupation du sol de 2000 à 2014*

| | 2000 à 2014 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Occupation du sol** | **Gain (%)** | **Perte (%)** | **Stabilité (%)** | **Gs** | **Ps** | **Ns** |
| FD | 0,6 | 0,87 | 4,09 | 0,15 | 0,21 | -0,07 |
| FGFR | 0,04 | 0,09 | 5,32 | 0,01 | 0,02 | -0,01 |
| FCSB | 1,32 | 3,39 | 17,85 | 0,07 | 0,19 | -0,12 |
| SA | 2,65 | 9,54 | 31,64 | 0,08 | 0,3 | -0,22 |
| STSH | 0 | 0,07 | 3,26 | 0,00 | 0,02 | -0,02 |
| PTFR | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PTFT | 0,81 | 0,11 | 0,11 | 7,24 | 0,98 | 6,26 |
| MCJ | 11,11 | 2,75 | 20,64 | 0,54 | 0,13 | 0,4 |
| PE | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| HA | 0,27 | 0,00 | 0,28 | 0,96 | 0,00 | 0,96 |
| **Total** | **16,82** | **16,82** | **83,18** | | | |

FD : Forêt dense, FGFR : Forêt galerie et formation ripicole, FCSB : Forêt claire et savane boisée, SA : Savane arborée, STSH : Savane arbustive et herbeuse, FTFR : Plantation forestière, FTFT : Plantation fruitière, MCJ : Mosaïque de culture et jachère, PE : Plan d'eau, HA : Habitat, Gs : ratio gain et stabilité, Ps : ratio perte et stabilité, Ns : différence gain et perte

3.2.4. Déforestation et dégradation des formations forestières naturelles

L'analyse des résultats de la déforestation et de la dégradation du couvert végétal (Figure 4) montre un taux annuel de déforestation nette (1,7) plus prononcé de 1990 à 2000 et un taux de dégradation annuel estimé à 0,1 (48,6 ha). Entre 2000 et 2014, le taux de déforestation annuel s'élève à 0,9 (1314,4ha) tandis que celui de la dégradation est de 0,1soit 26,5 ha de la superficie totale de la forêt classée (Figure 4).

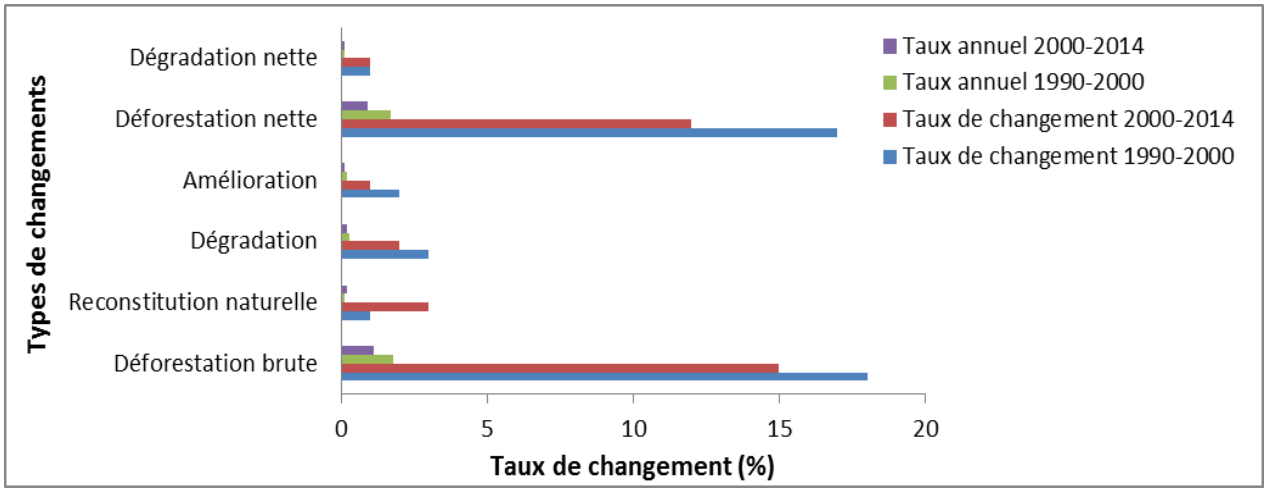



*Figure 4 : Taux de déforestation et de dégradation du couvert forestier de la forêt classée de Ouénou-Bénou entre 1990-2000 et 2000-2014*

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Approche méthodologique

L'analyse comparée des images SPOT XS de 2000, 2014 et les images Landsat TM de 1990 ont permis d'évaluer l'évolution du couvert végétal et de quantifier la déforestation et la dégradation de la forêt classée de Ouénou-Bénou. L'Analyse visuelle simple sur la base de la signature spectrale des objets qui correspond à la méthode traditionnelle de photo-interprétation des images satellites a été utilisée. Cette approche largement utilisée est reconnue pour sa performance dans la détection, l'identification et de caractérisation des unités spatiales sur une image car le cerveau humain est un bon interprète d'images (Bah et al., 2019) contrairement à la classification supervisée qui confonds la signature spectrale de certaines classes. Cette approche est utilisée par plusieurs auteurs (Mama et al., 2013; Mamane et al., 2018; Bah et al., 2019; Sangne et al., 2019) pour raffiner l'analyse de la classification supervisée. Ainsi, dix classes d'occupation du terres a été défini avec une précision statistique significative car l'indice de Kappa est de 0,86. Cela traduit un accord presque parfait. Par ailleurs, les confusions entre les habitats et les cultures et entre les savanes et les cultures sont observées. Cela s'explique par la faible distinction

de certains hameaux peulh très réduit dans les zones de cultures. Aussi, les confusions entre les savanes et les cultures sont parfois liées au développement du milieu depuis l'enregistrement des images en 2014. Les plantations forestières sont souvent de taille très réduite sur le terrain et certaines sont de jeunes plantations à feuilles caduques. Donc l'activité photosynthétique est très faible pendant l'acquisition des images. La limite de cette étude est liée à l'absence de données historique afin d'évaluer la performance de l'interprétation des images de 1990 et 2000. La validation de la qualité de ces images s'est basée sur celle de 2014 qui est prise comme référence pour leur interprétation.

**4.2. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou.**

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou montre les différentes formes de changements qui se sont opérées dans le temps. Ainsi, les résultats révèlent de 1990 à 2014, une régression des forêts claires, des forêts galeries et des savanes arborées au profit des mosaïques de cultures et de jachères. Cela suggère une demande de plus en plus accrue de terres fertiles par la population locale. Le taux de conversion issu de l'analyse des matrices de transition montre une forte anthropisation de ces écosystèmes marquée par l'augmentation de l'aire des mosaïques de cultures et de jachères. Ces résultats sont conformes à ceux de Mama et al. (2013) dans la zone soudanienne au nord du Bénin , de Avakoudjo et al. (2014) et de Ousséni et al. (2016) sur la période de 1986 à 2016 qui montrent une régression continue des forêts et des savanes au profit des champs-jachères et des agglomérations à partir d'étude diachronique. Cette situation est la conséquence de plusieurs facteurs dans notre zone d'étude. Ces facteurs ont été largement documentés par (Tovihessi, 2018). Il s'agit entre autres du raccourcissement de la durée de la jachère, le boom démographique et la recherche de devise économique qui passe chez la population locale par la pratique de la culture du coton. Pour Hountondji (2008), la culture extensive du coton et les attaques saisonnières des formations forestières par des éleveurs transhumants à la recherche des ressources fourragères et de l'eau sont les principales causes de la régression des formations naturelles. Par ailleurs, le taux de croissance démographique dans la zone d'étude estimé à 4,68 de 2000 à 2013 (INSAE, 2015), traduit aussi une forte pression sur les ressources naturelles et pourrait engendrer une dégradation considérable si des mesures de gestion durable de ces écosystèmes ne sont pas mises en œuvre. La régression des formations forestières naturelles changerait la couverture du paysage de la forêt classée. Il est donc évident que la dynamique régressive du couvert végétal est fortement imputable aux facteurs anthropiques (Ngo Makak et al., 2018). Pour Temgoua et al. (2018), toutes ces transformations perturbent les conditions climatiques qui déterminent les processus écologiques de succession de la végétation. De ce fait, l'ampleur de la perte du couvert végétal de la forêt classée de Ouénou-Bénou pourrait donc impacter la régulation du climat tout en perturbant les conditions socio-économiques de la population rurale qui en dépend directement.

### 4.3. Implications de la dynamique spatio-temporelle de la forêt classée pour la conservation.

La compréhension des phénomènes de changement d'utilisation des terres est un outil d'aide à la prise de décision politique de la gestion efficace des écosystèmes. C'est ainsi que les processus de la dynamique d'occupation du sol ont été décrits par plusieurs auteurs au Bénin (Issiaka et al., 2016; Maazou et al., 2017; Oloukoi, 2013). Ces études sont également parvenues à montrer la régression des formations naturelles au profil des habitations et les espaces de cultures. Mais il ressort de la présente étude que les savanes arborées ont été les plus vulnérables au changement alors que les champs et jachère et les plantations fruitières sont vulnérables à l'expansion. Ce résultat pourrait s'expliquer par une forte dominance de cette classe d'occupation du sol dans cette forêt classée. Donc de nouveau défrichement se font majoritairement au détriment des écosystèmes savanicoles. Le même constat est signalé par Sounon et al. (2007) lors de l'étude de l'effet de la dynamique d'occupation du sol sur la diversité floristique des forêts claires et les savanes au Bénin. Ainsi, la perte de surface des savanes constituerait une menace pour la conservation des habitats et donc de la biodiversité. Aussi, le récent attrait à la plantation d'anacardier par les populations dans le souci d'améliorer leurs conditions socio-économiques se traduit par la vulnérabilité des plantations fruitières à l'expansion. Cette pratique de la communauté locale ainsi que la politique forestière qui vise à reboiser ces écosystèmes à travers les plantations mono-spécifiques ne participent pas à la conservation de la biodiversité. Cette politique pour être plus efficace devrait mettre en œuvre les stratégies de restauration de ces écosystèmes. La restauration de ces écosystèmes constituerait le moyen efficace pour permettre à ces derniers de jouer continuellement leur rôle car le taux de déforestation est de plus en plus élevé sur les massifs forestiers. Ce taux est de 1,7% par an au cours de la période 1990 et 2000. Cela traduit le non-respect des clauses du classement de cette forêt classée qui les soustrait à l'usage des collectivités locales ou des individus. Nos résultats corroborent ceux de Houéssou et al., (2013) dans le Parc W qui ont montré que l'érosion des aires protégées est principalement liée aux activités agricoles. Le même constat est fait dans la sous-région Africaine particulièrement au Congo (Ciza et al., 2015) et dans la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire (Sangne et al., 2019). La gestion de ces massifs forestiers pour être efficace doit investir dans la planification participative de l'utilisation des terres. Pour y parvenir, cette planification doit optimiser les objectifs socio-économiques et environnementaux. Une attention particulière doit être accordée aux formations naturelles riches en biodiversité tout en les écartant des activités agricoles.

## 5. CONCLUSION

Cette étude a révélé que dans la forêt classée de Ouénou-Bénou, les changements d'utilisation des terres induits par les pressions anthropiques ont participé fortement à la modification de la densité de son couvert. Il ressort que les formations naturelles ont régressé au profil des formations anthropiques caractérisées par les champs, les jachères et les plantions fruitières. Les savanes arborées ont été les plus

vulnérables au changement. Le taux annuel de déforestation de la forêt classée de Ouénou-Bénou (1,7% par an) a été plus élevé au cours de la période 1990-2000. Cette déforestation, majoritairement due à l'expansion des terres agricoles et à la surexploitation des ressources, affecte le rôle assigné à ces écosystèmes. Ainsi, maintenir la fonction de cette forêt classée revient à limiter ces pressions tout en incitant la restauration de l'écosystème. Par ailleurs, contribuer à conserver la biodiversité devra passer aussi par une sensibilisation des populations locales et la planification participative de l'utilisation des terres.

## Références bibliographiques


Adomou, A. C. (2005). *Vegetation patterns and environmental Implications for biogeography and conservation*. PhD thesis Wageningen University, 150p.

Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast algorithms for mining association rules in large data bases. *J. Comput. Sci. Technol.*, *15*(6), 487–499.

Akognongbe, A., Abdoulaye, D., & Vissin, E. W. (2014). Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Oueme à l'exutoire de Bétérou (Bénin). Afrique SCIENCE, 10(2), 228–242.

Aubreville, A. (1957). Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. Bois et Forêts Des Tropiques, (51) 23-27

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.

Bah, O. A., Kone, T., Yaffa, S., & Ndiaye, M. L. (2019). Land Use and Land Cover Dynamics in Central River Region of the Gambia , West Africa from 1984 to 2017. American Journal of Modern Energy, 5(2), 5–18. doi:10.11648/j.ajme.20190502.11

Bamba, I., Mama, A., Neuba, D. F. R., Koffi, K. J., Traore, D., Visser, M., … Bogaert, J. (2008). Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas Congo (République Démocratique du Congo). Sciences & Nature, 5, 49–60.

Ciza, S. K., Mikwa, J., Malekezi, A. C., Gond, V., & Bosela, F. B. (2015). Identification des moteurs de déforestation dans la région d'Isangi, République démocratique du Congo. Bois et Forêts Des Tropiques, 324(2), 29–38.

Coulibaly, L., Kouassi, K. H., Soro, G. E., & Savane, I. (2016). Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection: Cas du département de Ferkessédougou. International Journal of Innovation and Applied Studies, 17(1), 136–143.

DGFRN. (2009). *Plan d'aménagement participatif de la forêt classée de Ouénou – Bénou 2009 – 2018,*

124p.

Diouf, A., Barbier, N., Lykke, A. ., Couteron, P., Dablauwe, V., Mahamane, A., … Bogaert, J. (2012). Relationships between fire history, edaphic factor and woody vegetation structure and composition in a semi-arid savanna landscape (Niger, west Africa). Appl.Veg.Sci., *5*, 488–500.

Djogbenou, C. P., Glèlè Kakaï, R., Arouna, O., & Sinsin, B. (2011). Analyse des perceptions locales des aménagements forestiers participatifs au Bénin. Vertigo, 11(1), 1–16.

FAO. (2016). *Forêts et agriculture : défis et possibilité concernant l'utilisation des terres*. Rome (Italie), 137p. ISBN: 978-92-5-209208-7

FAO. (2018). *La situation des forêts du monde. Les forêts au service du développement durable*, Licence: *CC BY-NC-SA 3.0 IGO*,158p.

Franklin, S. E., & Alii. (2002). Change detection and landscape s tructure mapping us ing remote sensing. The Forestry Chronicle, *78*, 618–625.

Hammi, S., Simonneaux, V., Alifriqui, M., Auclair, L., & Ontes, N. (2007). Evolution des recouvrements forestiers et de l'occupation des sols entre 1964 et 2002 dans la haute vallee des Ait Bouguemez (Haut Atlas central, Maroc). Secheresse, 18, 271–277.

Houéssou, L. G., Tèka, O., Imorou, I. T., Lykke, A. M., & Sinsin, B. (2013). Land use and land-cover change at W Biosphere Reserve and its surroundings areas in Benin Republic (West Africa). Environment and Natural Resources Research, *3*(2), 87–101.

Hountondji, Y. H. (2008). *Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal*. Thèse de doctorat; Université de Liège, 153p.

INSAE. (2015). *Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4) : Résultats définitifs. Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou*. Bénin,35p.

Issiaka, N. T., Arouna, O., & Imorou, I. T. (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, 12(32), 251–268. doi:10.19044/esj.2016.v12n32 251p.

Maazou, R., Rabiou, H., Issiaka, Y., Abdou, L., & Saidou, I. D. I. (2017). Influence de l'occupation des terres sur la dynamique des communautés végétales en zone Sahélienne : cas de la commune rurale de Dantchandou (Niger). Nternational Journal of Biological and Chemical Sciences, 11(1), 79–92.

Mama, A., Sinsin, B., Cannière, C. De, & Bogaert, J. (2013). Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. TROPICULTURA, 31(1), 78–88.

Mamane, B., Amadou, G., Barage, M., Comby, J., & Ambouta, J. M. K. (2018). Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger). International Journal of Biological and Chemical *Sciences*, *12* (4) 1667-1687 doi:10.4314/ijbcs.v12i4.13

Muller, S. ., Rhazi, L., Saber, E., Rifai, N., Daoud-Bouattour, A., Bottollier-Curtet, M., … Ghrabi-Gammar, Z. (2011). Peat mosses (Sphagnum) and related plant communities of North Africa: II-The Tingitanean-Rifan range (northern Morocco). Nova Hedwigia, 93, 335–352.

Ngo Makak, R., Sanou, P., Toure, I., Tchindjang, M., & Makak, J. S. (2018). Analyse diachronique de l'occupation des terres pour la conception d'une base de données géo-référencées de suivi des dynamiques territoriales dans la commune rurale de Koumbia au Burkina Faso. Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement Du Bassin Du Congo, 10, 23–35. doi:10.5281/zenodo.1215893

Oloukoi, J. (2013). Scénario socio-économique et écologique des changements de l ' occupation des terres au Bénin. VertigO - La Revue Électronique En Sciences de l'environnement, 13(1). doi:DOI : 10.4000/vertigo.13267

Ousséni, A., Gervais, E. C., & Dramane, I. (2016). Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Benin. *Journal of Applied* Biosciences, 108,10543–10552.

RHAZI, L., GRILLAS, P., SABER, E., RHAZI, M., BRENDONCK, L. & W. A. (2012). Vegetation of Mediterranean temporary ponds: a fading jewel? Hydrobiologia, 689, 23–36.

Rifai, N., Khattabi, A., Moukrim, S., Arahou, M., & Rhazi, L. (2018). Évaluation de la dynamique de l'occupation du sol dans la zone humide RAMSAR de Tahaddart (Nord-Ouest du Maroc). Revue d'écologie (Terre et Vie), 73(2), 142–152.

Sangne, C. Y., Sadaiou, Y., Barima, S., Bamba, I., & Doumé, A. N. (2019). Haut-Sassandra ( Côte d ' Ivoire ) Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra ( Côte d' Ivoire ). [VertigO] La Revue Électronique En Sciences de l'environnement, 15(3), 1-18.

Soro, G., & Alii. (2014). Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). Afrique SCIENCE, 10(3), 146–160.

Sounon BB, Sinsin B, G. S. (2007). Dynamic effects of land use on the structure and plant diversity of woodlands and savannas in Benin. Tropicultura, *25*(4), 221–227.

Temgoua, L. F., Allaissem, B., Tchamba, M., Saradoum, G., Osée, M. M., Caroline, M., & Solefack, M. (2018). Spatio-Temporal Dynamic of Land Use and Land Cover in the Classified Forest of Djoli-Kera, South-Eastern, Chad. Journal of Forestry, 283–296. doi:10.4236/ojf.2018.83019

Thierry, A., Martin, P., Ismaïla, T. I., & Brice, T. (2018). Modelisation Des Changements D'occupation Des Terres En Region Soudanienne Au Nord-Ouest Du Benin. European Scientific Journal, ESJ, 14(12), 248. doi:10.19044/esj.2018.v14n12 248p.

Tovhessi, S. M. (2018). *Analyse diagnostique de la dynamique du couvert végétal de la Forêt-Classée de Ouénou-Bénou et impact sur les services écosystémiques*, Mémoire de licence en Agronomie, Université de Parakou, 78p.

White, F. (1983). The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the UNESCO/ AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Nat. Resour. Res, 20: 1–356.

## Remerciements

La réalisation de ce travail a été possible grâce à un soutien financier de l'IRD au projet Dynamique-ASO (IRD:306625/00) à travers le projet Observation Spatiale des Forêts d'Afrique Central et de l'Ouest (OSFACO).