

OCCUPATION DU SOL ET ANALYSE DE LA STRUCTURE SPATIALE DES FORETS CLASSEES: CAS DE DOGO-KETOU, DANS LE CENTRE-EST DU BENIN

*Eric Alain TCHIBOZO¹, Etienne DOMINGO²

Laboratoire de Traitement de l'Information Géographique, de l'Analyse Spatiale et de l'Aménagement du Territoire (LATIGASAT)^{1,2}, Laboratoire de Cartographie LaCarto)¹, Université d'Abomey - Calavi, 01BP 526 Cotonou (Bénin).

Résumé

L'objectif de la présente contribution est d'étudier l'occupation du sol et d'analyser la structure spatiale des forêts classées de Dogo-Kétou au centre - est du Bénin. Pour la réaliser, une approche géographique du traitement d'image, basée sur la photo - interprétation par amélioration visuelle, classification assistée d'image et l'analyse spatiale a été utilisée. Les résultats obtenus montrent une végétation relativement humide, inégalement répartie et sous une pression relativement faible de cultures et jachères et des risques naturels liés à l'inondation. La déforestation y est relativement importante avec une vulnérabilité variable des formations végétales à la fragmentation. L'analyse de la structure spatiale indique une dominance de forêt-galerie et une codominance de la savane boisée et de la savane arborée. Cette hiérarchisation de la végétation dévoile une structure spatiale perturbée. La forêt-galerie est la moins fragmentée (3,27 %) alors que la forêt claire (19,23 %), la savane arborée (18,79 %) et la savane arbustive (17,06 %) expriment un niveau de fragmentation plus élevé. Dans l'ensemble des forêts d'étude, les formations végétales présentent des formes irrégulières. Cette situation montre l'effet des perturbations externes sur l'habitat naturel de la végétation de ces forêts classées et donc une fragmentation variée de leurs formations végétales.

Mots clés: occupation sol - structure spatiale - forêts classées - Centre - est du Bénin.

OCCUPATION OF SOIL AND ANALYSIS OF SPATIAL STRUCTURE IN CLASSIFIED FOREST: CASE OF KETOU AND DOGO, IN EAST-CENTER OF BENIN

*Eric Alain TCHIBOZO*¹, Etienne DOMINGO ²

Laboratory of Treatment of Geographical information, Spatial analysis and regional development (LATIGASAT) ^{1,2}, Laboratory of Cartography (LaCarto) ¹, University of Abomey - Calavi, 01BP 526 Cotonou (Benin)

Abstract

The objective of the study is to investigate the occupation of soil and analyze the spatial structure of classified Dogo - Ketou forests in east - center of Benin. To achieve this, a geographical approach to image processing, based on the photo - image interpretation by visual improvement, assisted classification and spatial analysis was used. The results show a relatively wet vegetation, unevenly distributed and at a relatively low pressure of fallow crops and natural risks of flooding. Deforestation is relatively large with variable vulnerability of vegetation fragmentation. Analysis of the spatial structure indicates a dominance of gallery forest and a co-dominance of woodland and savanna. This hierarchy of vegetation reveals a spatial structure disrupted. Gallery forest is less fragmented (3, 27 %) while the woodland (19,23 %), wooded grassland (18,79 %) and bush land(17,06 %) express a level of fragmentation higher. Throughout the study forests, vegetation formations with irregular shapes. This shows the effect of external disturbances on the natural vegetation habitat of these classified forests and thus fragmentation of their varied vegetation.

Keyword: occupation soil - spatial structure - classified forests - east - Center of Benin

1. Introduction

Les formations végétales du Bénin sont influencées par la position du pays dans le « Dahomey Gap », c'est-à-dire la zone d'interruption de la ceinture forestière équato-guinéenne devant relier les blocs forestiers d'Afrique centrale et occidentale. Cette situation explique une disparité géographique de la végétation. Celle – ci est caractérisée par la localisation des plus grandes superficies de formations forestières naturelles, y compris le domaine forestier de

l'Etat (forêts classées, aires protégées et plantations domaniales) au-delà de 7° parallèle Nord jusqu'à la limite Nord du Bénin (Évaluation des ressources forestières mondiales 2010, Rapport national Bénin, 2010). Dans ces régions, les activités d'une population jeune et dynamique dont l'effectif augmente constamment exercent une pression anthropique sur les forêts. Les forêts classées en général et celle classée de Dogo –Kétou en particulier ne sont pas épargnées de cette situation. Les habitants de vingt et un villages riverains ont une action directe ou indirecte sur cette forêt classée qui abrite actuellement une soixantaine de hameaux (CeSaReN-ONG, 2003). Avec cette situation, les ressources forestières sont convoitées et surexploitées, certaines aires protégées sont même menacées de disparition. La mise en œuvre des processus de décentralisation et de déconcentration, ainsi que diverses politiques nationales ont produit une évolution rapide du contexte de gestion des forêts avec le transfert récent des compétences aux communes. Plusieurs auteurs ont confirmé la dégradation du massif forestier de Dogo –Kétou (ENONZAN 2010, SINSIN et KAMPMANN, 2010, CES-Bénin, 2011). L'inventaire d'aménagement de cette forêt classée, réalisé sur une structure verticale de trois strates (une strate arborescente ($10\text{ m} \leq H \leq 25\text{ m}$) dominée par *Cynometra megalophylla* et *Diospyros mespiliformis*; une strate arbustive ($3\text{ m} \leq H < 10\text{ m}$) composée principalement de *Celtis mildbraedii*, *Ficus tessellata*, *Flacourtia flavescens*; une strate sous-arbustive et herbacée ($H < 3\text{ m}$) composée de *Mallotus oppositifolius*, *Paullinia pinnata*, *Anchomanes difformis*, *Monodora tenuifolia*, *Asystazia gangetica*, *Brachiaria distichophylla*), annonce qu'elle est menacée de disparition. Sa protection par la mise en œuvre un plan d'aménagement participatif (CeSaReN-ONG, 2003). De cette date à nos jours, la situation de ce massif forestier a évolué. Le présent travail se propose de faire une étude synchronique de la forêt classée de Dogo – Kétou à partir des données de télédétection relativement récentes, afin de décrire son état actuel et contribuer ainsi à sa gestion par la mise en place d'un Système d'Information Géographique (SIG). Pour pérenniser cette gestion participative et effective du patrimoine forestier, il faudra diagnostiquer l'occupation du sol et caractériser la structure spatiale des domaines classés des forêts (SI/FC, DSCF/DE, 2009). Les cartes d'occupation du sol permettent de matérialiser cette situation de dynamique spatiale et temporelle. Elles sont d'une grande importance pour la connaissance des tendances actuelles en matière de déforestation, de dégradation, de désertification et de perte de la biodiversité d'une région déterminée. Leur mise à jour est une question d'actualité (LAMBIN et al, 2001, LOIRE ESTUAIRE, 2002). La présente étude s'intègre dans ce contexte en vue de contribuer à la mise en place d'un SIG sur les forêts classées ciblées par cette étude. Ce système, en

amont à la réalisation du plan d'aménagement participatif, doit permettre une connaissance suffisante du potentiel du complexe forestier Dogo – Kétou et déterminer les zones menacées de dégradation.

L'objectif de cette étude est d'étudier l'occupation du sol et d'analyser la structure spatiale des forêts classées de Kétou – Dogo situées au Centre - est du Bénin.

Pour ce faire, plusieurs objectifs spécifiques ont été identifiés :

- cartographier l'occupation du sol et caractériser la végétation des forêts d'étude ;
- analyser la structure spatiale du paysage des forêts d'étude;
- cartographier les niveaux de dégradation du paysage.

L'atteinte de ces objectifs passera par la vérification des hypothèses suivantes:

- l'occupation du sol est caractérisée par une végétation humide sous pression agricole et inégalement répartie;
- les actions anthropiques influencent la configuration spatiale du paysage :
- les niveaux de dégradation du paysage sont variés.

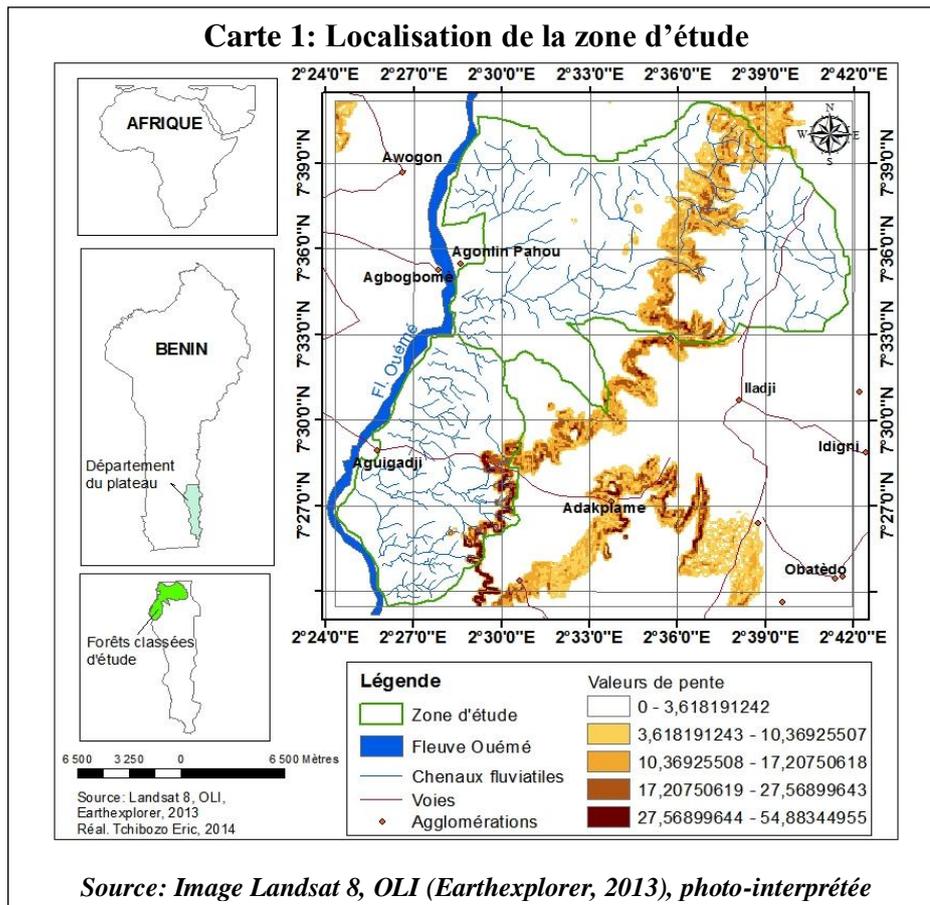
La zone d'étude, la forêt classée de Dogo-Kétou est un patrimoine de la commune de Kétou. Cette dernière de par sa position géographique et stratégique constitue une potentialité pour des échanges commerciaux nationaux (avec les communes limitrophes) et internationaux (avec le Nigéria), facteurs importants de son développement. L'effectif de sa population est passé de 63.079 habitants (1992) à 100.499 habitants (2002), soit un taux d'accroissement intercensitaire de 4,77 % et un taux d'accroissement relatif de 59,32 % en dix ans (1992 à 2002). L'indice de « poussée démographique » évalué à 1,58 est le plus fort du département du Plateau (RGPH3, 2002). La population vivant dans les terroirs riverains des forêts classées de Dogo-Kétou est estimée à 80.712 habitants (Atlas monographique des communes du Bénin, 2002). On y rencontre principalement certains groupes socioculturels à savoir : les Nagos, les Holli, les Mahi, les Fon qui représentent 1500 chefs d'exploitation agricole pratiquant cette activité sur brulis et des Peulhs qui disposent d'une quinzaine de campements abritant une soixantaine de ménages, 1150 personnes possédant 4500 bovins et 1500 petits ruminants installés aux alentours immédiats et à l'intérieur de la forêt classée de Dogo-Kétou.

Le climat de type tropical à régime pluviométrique bimodal caractérisé par deux saisons pluvieuses (une grande saison des pluies de mars à juillet et une petite saison des pluies de

septembre à octobre) qui alternent avec deux saisons sèches (une petite saison sèche en août et une grande saison sèche de novembre à février).

Le secteur d'étude est constitué de deux forêts classées entièrement localisées au nord et Nord-est de la commune de Kétou (Département du plateau, Centre - est du Bénin). La première desdites forêts, se situe entre 7° 23' 30" et 7° 33' 2" de latitude nord, 2° 23' 30" et 2° 30' 30" de longitude est. La seconde, est entre 7° 30' 40" et 7° 41' de latitude nord, 2° 28' 3" et 2° 41' 31" de longitude est. Contiguës, elles ont été érigées en forêts classées par les arrêtés respectifs n° 675 SE du 27 janvier 1955 et n° 2026 SE du 2 avril 1955 et couvrent ensemble, une superficie totale de 42850 ha répartie comme suit : 11.000 ha pour la forêt classée de Kétou et 31.850 ha pour la forêt classée de Dogo. Ce complexe forestier est limité au Nord par la rivière Issanhoun, à l'ouest par le fleuve Ouémé vers lequel toute l'eau du périmètre est drainée, à l'Est et au Sud par les flancs très entaillés du plateau de terre de barre de Kétou. Le relief est un plateau d'érosion « terre de barre » de faible altitude (entre 100 et 200 m), caractérisé en certains endroits par des dépressions plus ou moins prononcées et dont les flancs très entaillés forment la limite principale de la zone d'étude au Sud et à l'Est (carte 1).

Bien que prises en compte par le programme (National) de Gestion des Forêts et Terroirs Riverains (PGFTR), les forêts classées de Dogo-Kétou, sont de plus en plus occupées par des colons agricoles d'origines Fon, Holli et Datcha (PGRN, 1997). Actuellement, elles sont confrontées à plusieurs problèmes de gestion au nombre desquels on peut citer : la recherche effrénée des bois d'énergie ; la disparition de certaines espèces végétales (sélection des essences reconnues comme meilleures pour fournir du charbon de bois) ; l'utilisation anarchique des terres pour des fins agricoles ; l'installation anarchique des fours traditionnels de carbonisation ; l'absence d'une base de données numérique relative aux forêts ; la non-disponibilité d'un plan d'aménagement.



Source: Image Landsat 8, OLI (Earthexplorer, 2013), photo-interprétée

2. Outils et méthodes

Les données utilisées dans la présente étude sont conçues dans différents systèmes de référence et présentent une précision différente. Elles proviennent des résultats de travaux antérieurs à mettre à jour et à actualiser (inventaire forestier 1998, carte topographique, base de données administratives du Bénin), de l'utilisation des outils de terrain (GPS, planimètre, scanner, carnet électronique, etc.) et des applications de plusieurs logiciels : Arc Map 10.1 (cartographie, mise en place d'une base de données géo référencées et analyse spatiale), ERDAS Imagine 9.2 (géoréférencement, segmentation et traitement d'image), Envi 4.8, ENVI-EX 4.8 (traitement d'image, classification, vectorisation) , Microsoft Word, Microsoft Excel 2010 (rédaction et traitement statistique). Les principales caractéristiques des cartes thématiques et des images de télédétection collectées sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Principales caractéristiques des données images et des cartes thématiques utilisées

N°	Données	Sources	Format	Échelle/ Résolution spatiale	Résolution spectrale	Date	Coordonnées de la scène
1	Image Landsat 8, Radiomètre LDCM/ OLI	USGS, Earthexplorer	Numérique Raster	30 m 60 m 15 m	Multispectrales 0,433-0,453 µm 0,45-0,515 µm 0,525-0,6 µm 0,63-0,68 µm 0,845-0,885 µm 1,56-1,66 µm 1,36-1,39 µm 2,1-2,3 µm Panchromatique 0,5-0,68 µm	09Dec. 2013	Path192/ Row055 (WRS)
2	Image SRTM, Shuttle Radar Topography Mission	GLCF	Numérique Raster	90 m	-	23 Nov. 2000	
3	Carte topographique Feuille nb_31_20_21 Zagnanado	IGN Bénin, IGN France	Numérique Raster	1/200 000	-	1955	-
4	Carte touristique du Bénin	IGN bénin IGN France	Numérique Raster	1/600 000	-	1992	-
5	Base de données administratives du Bénin	IGN, Bénin	Fichiers de forme	1/200 000	-	1963	-
6	Données attributaires sur les espèces floristiques et animales du Bénin	DFRN, Bénin, GTZ,	Excel	-	-	1998	-

Source : Données attributaires sur les espèces floristiques et animales du Bénin (DFRN, Bénin, GTZ, 1998), adapté

Les méthodes utilisées constituent une approche géographique du traitement d'image, basée sur la photo - interprétation par amélioration visuelle et classification assistée d'image (prétraitement, rehaussement, transformation, classification et analyse) et l'analyse spatiale (SIG). Les traitements appliqués sont orientés pour rehausser l'expression visuelle des unités de la végétation. La classification d'image est réalisée par l'algorithme de maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood). Les résultats obtenus sont évalués par la matrice de confusion (94,41 %) et l'indice Kappa (0,93), CHALIFOUX, 2006.

Les résultats des travaux de cartographie antérieurement réalisés par le Centre National de Télédétection (CENATEL) pour l’inventaire forestier du Bénin ont servi de base à l’harmonisation de la légende des cartes réalisées. Une généralisation cartographique a été nécessaire au niveau de chacune des deux unités de forêts – galeries et de forêts claires afin d’obtenir un meilleur affichage des résultats. La correspondance entre les différentes unités de la carte d’occupation du sol (2013) et les formations identifiées sur le terrain par l’inventaire forestier du Bénin (1998) est présentée dans le tableau 2, DEFOURNY P. et *al.*2006.

Tableau 2: Correspondance des unités de la carte d’occupation du sol (2000) avec les formations identifiées sur le terrain par l’inventaire forestier du Bénin (1998)

N°	Unités identifiées par l’inventaire forestier du Bénin(GTZ - CENATEL, 1998)	Unités correspondantes sur la carte d’occupation du sol de 2013
1	Galerie forestière à <i>Pterocarpussantalinoïdes</i> et <i>Cola laurifolia</i>	Forêt-galerie
2	Galerie forestière à <i>Cynometramegalophylla</i> et <i>Diospyrosmespiliformis</i>	
3	Forêt claire à <i>Anogeissusleiocarpus</i> et <i>Combretumcollinum</i>	Forêt claire
4	Forêt claire à <i>Isoberialiadoka</i> et <i>Pterocarpuserinaceus</i>	
5	Savane boisée à <i>Vitellariaparadoxa</i> et <i>Combretumcollinum</i>	Savane boisée
6	Savane arborée/arbustive à <i>Combretumcollinum</i> et <i>Lophiralanceolata</i>	Savane arborée
		Savane arbustive

Source : Plan d’Aménagement Participatif des Forêts classées de Dogo – Kétou (1989) et du rapport final sur l’inventaire forestier du Bénin (GTZ – CENATEL, 1998), adapté.

La seconde méthode a permis de créer une base de données attributive sur les forêts classées d’étude. La création d’un ensemble de couches géographiques, afférentes à la topographie et l’hydrographie a servi à la réalisation de diverses requêtes spatiales par des opérations de superposition, de sélection et d’intersection pour définir les relations topologiques et identifier les zones de convergence des critères retenus pour analyser la structure spatiale des forêts classées d’étude. Pour apprécier les niveaux de dégradation des forêts classées de Dogo - Kétou, un certain nombre d’indices de structures spatiales « landscapemetrics » a été calculé : le nombre de taches, l’aire totale, la valeur moyenne de l’aire des taches, la dominance, le taux de fragmentation générale, l’indice de forme et l’indice de diversité de Shannon (BUREL

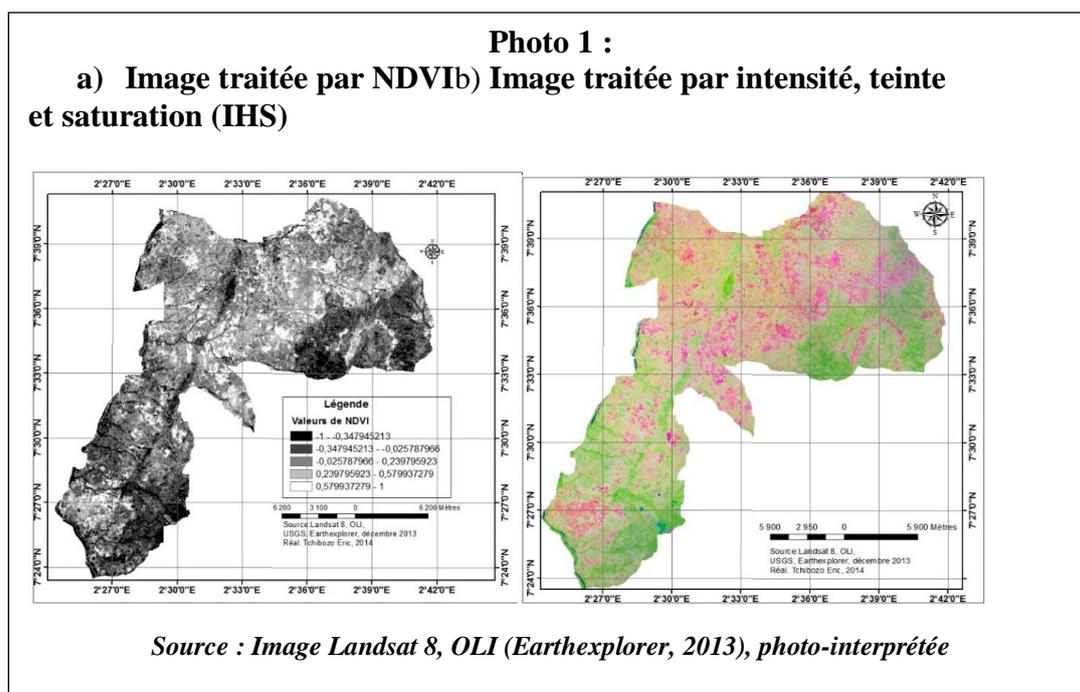
F. et BAUDRY J. 2003, HARGIS C; et *al.*, 1997). Ces différents indices ont permis de mettre en évidence, les rapports entre la configuration du paysage et les processus écologiques de dégradation exprimés dans les forêts classées d'étude à partir du calcul de l'indice MSAVI.

3. Résultats

3.1. Cartographie de l'occupation du sol et caractérisation de la végétation des forêts classées de Dogo - Kétou

3.1.1 Traitement et amélioration d'image

Les images brutes ont subi plusieurs traitements d'amélioration visuelle pour rehausser la représentation des formations végétales sur la carte de l'occupation du sol. Les résultats d'un canal NDVI et de l'affinage panchromatique par intensité, teinte et saturation sont présentés dans les photos 1a et 1b.



L'interprétation de la photo 1a montre une inégale répartition de l'indice de végétation dans les forêts classées d'étude. Ces valeurs expriment un contraste important qui résulte de la forte absorption du rayonnement électromagnétique dans le spectre rouge par la chlorophylle et sa forte réflectance dans le proche infrarouge par la densité de la végétation verte et la photosynthèse. Les valeurs les plus élevées de cet indice sont représentées en graduations de tonalité sombre alors que les plus faibles sont indiquées en tonalités claires. Par contre sur la

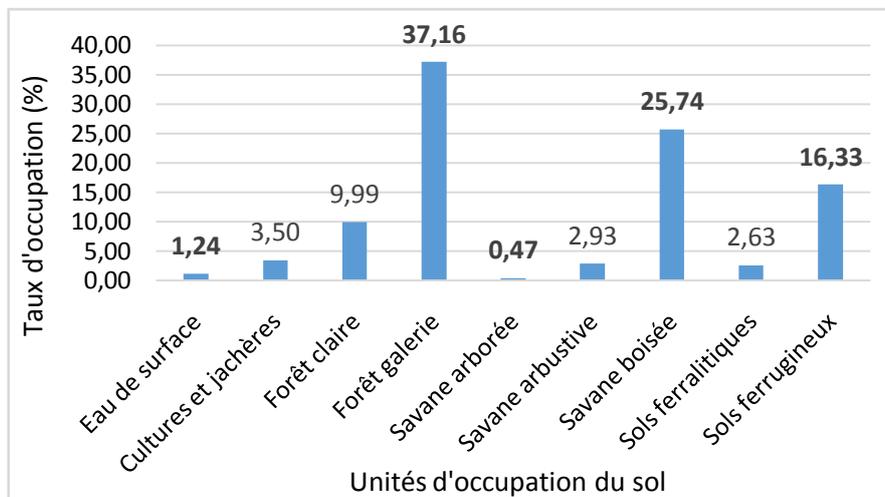
photo 1b, la surface couverte de végétation se distingue aisément de celle non couverte. L'intensité, la teinte et la saturation ont permis de mettre en évidence les différentes strates de végétation qui sont représentées par des niveaux de graduation du vert.

Au total, la photo - interprétation visuelle de l'image satellite montre de vastes surfaces dénudées dans les forêts classées de Dogo - Kétou avec de faibles valeurs d'indice de végétation.

3.1.2 Forêt classée de Dogo - Kétou (42 850 ha)

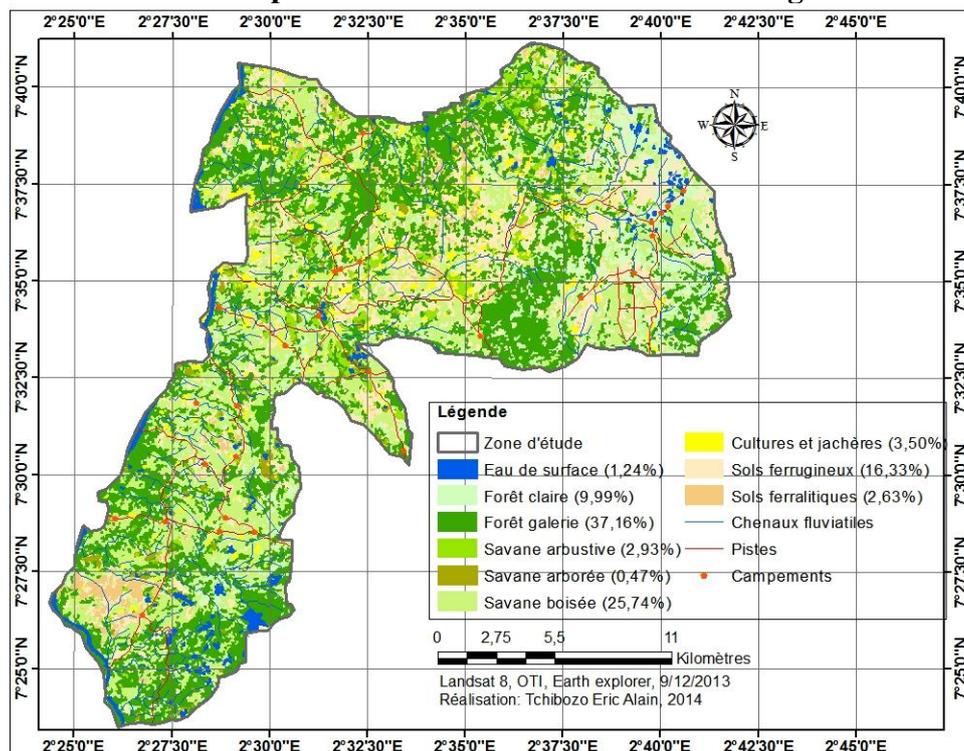
Les deux forêts classées d'étude délimitées à l'Ouest par le fleuve Ouémé, présentent ensemble un taux de couverture de végétation de 76,29%. L'occupation du sol est constituée de forêt – galerie (37,16%), de forêt claire (9,99%), de savane boisée (25,74%), de savane arborée (0,47%), de savane arbustive (2,93%), de sols ferrallitiques (2,63%), de sols ferrugineux (16,33%), de cultures et jachères (3,50%) et d'eau (1,24%). Les formations dominantes de la végétation sont la forêt-galerie et la savane boisée. Celles rares sont la savane arborée et la savane arbustive (graphique 1). Les premières présentent une occupation relativement continue au nord et au sud –ouest de la forêt classée de Dogo et à l'ouest et au sud –est de la forêt classée de Kétou. Sous l'effet d'une intense désertification, leurs surfaces diminuent progressivement du nord vers le sud à Dogo, du sud vers le nord et de l'est vers l'ouest dans la forêt classée de Kétou. Au sud –ouest de Kétou, de vastes surfaces dénudées sont identifiées avec des reliques des deux formations végétales faiblement représentées. La forêt claire est regroupée au sud - est de la zone d'étude. La savane arborée et la savane arbustive sont relativement distribuées dans les forêts classées de Dogo-Kétou avec une présence relativement importante au centre de la forêt classée de Kétou, au sud –ouest et au nord –ouest de Dogo. Toutes ces formations sont sous une faible pression de cultures et jachères. Les sols ferrugineux sont relativement distribués dans la zone d'étude comparativement aux sols ferrallitiques qui sont plus localisés. Les taches d'inondation sont relativement importantes au Sud – est de la forêt de Kétou et moindre au nord - est de la forêt du Dogo. Les nombreux chenaux fluviatiles drainent la surface des deux forêts classées de cette étude. Plusieurs pistes et campements indiquent la présence de l'homme et de ses activités (carte 2).

Graphique 1 : Histogramme montrant les taux d'occupation des unités



Source : Image Landsat 8, OLI (Earthexplorer, 2013), traitée par la cartographie et la statistique

Carte 2 : Occupation du sol des forêts classées de Dogo–Kétou



Source : Image Landsat 8, OLI (Earthexplorer, 2013), photo-interprétée

Ainsi, les forêts classées de Dogo - Kétou sont caractérisées par une végétation humide inégalement répartie. La forêt-galerie et la savane boisée sont les formations dominantes.

L'ensemble de la végétation est sous une pression relativement faible de cultures et jachères et des risques naturels liés aux inondations. La déforestation y est relativement importante avec une forte vulnérabilité aux formations végétales, particulièrement la savane arborée et arbustive.

3.2. Analyse de la structure spatiale du paysage des forêts classées de Dogo - Kétou

En vue d'une analyse spatiale de qualité et d'une évaluation des pertes de connectivité au sein des métapopulations animales et végétales dans les forêts classées d'étude, différents indices ont été estimés et analysés. L'évaluation de la fragmentation des formations végétales se fera donc à partir des outils d'analyse spatiale et d'un certain nombre d'indices spatiaux calculés à partir des attributs des unités cartographiées (KABULU D. BAMBIA I. AL. 2008). L'analyse de la structure spatiale met en évidence des structures et des formes d'organisation spatiale récurrente. Elle analyse des processus qui sont à l'origine de ces structures, à travers des concepts comme ceux de distance, d'interaction, de portée spatiale, de polarisation, de centralité, de stratégie ou choix spatial, de territorialité,...Les indices correspondent à des indicateurs de l'état du changement de la structure spatiale du paysage. Ceux calculés sur les forêts classées de Dodo - Kétou sont présentés dans le tableau 3.

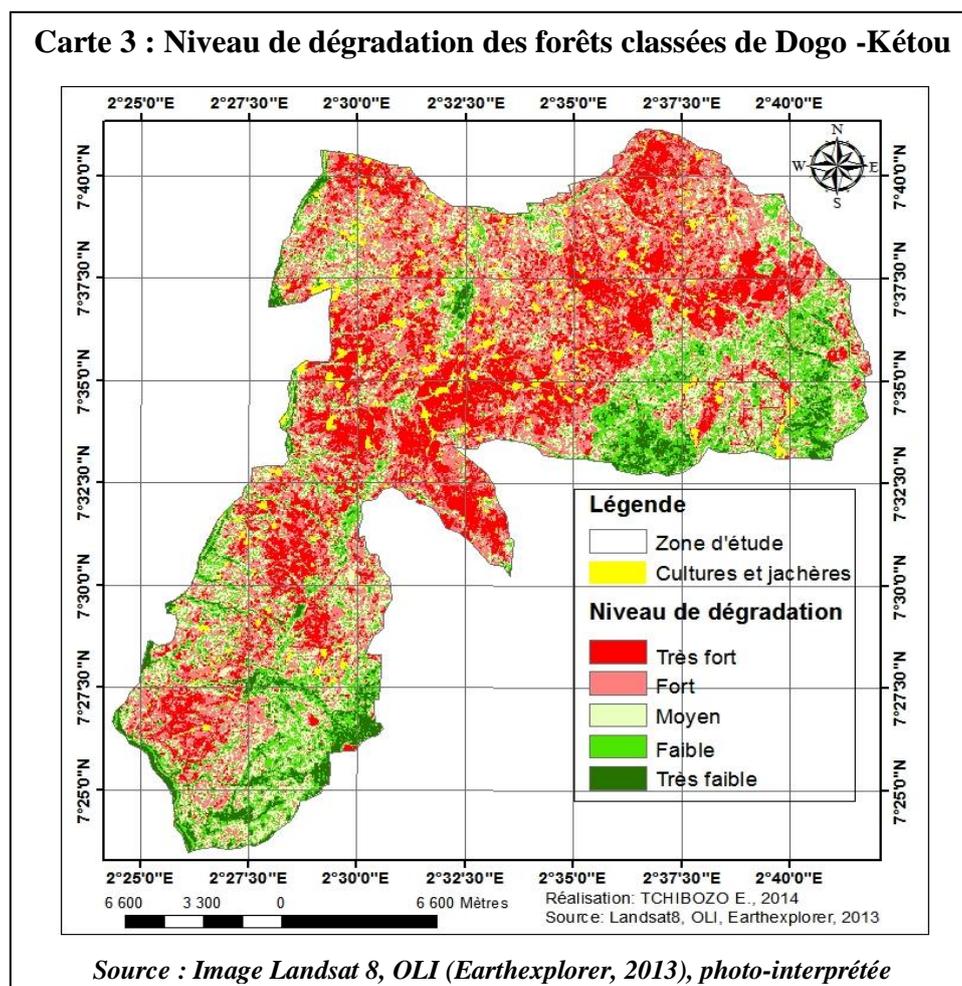
Tableau 3 : Récapitulatif des résultats du calcul des indices de la structure spatiale du paysage des forêts classées de Dogo - Kétou

Indices spatiaux	Nombre de taches	Aire totale des taches (km ²)	Valeur moyenne de l'aire des taches (km ²)	Dominance (%)	Taux de fragmentation (%)	Moyenne de l'indice de forme	Indice de diversité de Shannon
Forêt-galerie	798	163,41	0,20	17,05	3,27	0,029	0,33
Forêt claire	1075	46,99	22,88	8,34	19,23	0,030	0,15
Savane boisée	945	114,45	82,53	10,44	7,43	0,030	0,33
Savane arborée	130	6,19	21,00	9,37	18,79	0,033	0,33
Savane arbustive	318	16,74	18,99	4,18	17,06	0,031	1,6

Source : Travaux de cartographie, de statistique et d'analyse de la structure spatiale du paysage, Tchibozo E., 20 mars 2014.

La lecture de ce tableau montre une dominance de la forêt - galerie (17,05 %) et une codominance de la savane boisée (10,44 %) et de la savane arborée (9,37 %). Cette hiérarchisation de la végétation exprime une structure spatiale perturbée. Le nombre de taches est relativement élevé pour la forêt claire, la forêt-galerie et la savane boisée. L'importance de

la valeur de l'aire totale des taches et de la moyenne des aires, calculées pour ces trois formations végétales confirme aussi cette tendance et montre la conservation relative de ces trois formations végétales. Pour vérifier cette hypothèse, la moyenne des aires, qui est un indicateur, de «l'intégrité spatiale» de la forêt est calculée. Sa faible valeur pour la forêt-galerie (0,20 km²), indique en principe son niveau élevé de fragmentation. Mais cette remarque n'est pas confirmée par le taux de fragmentation (3,27 %) de ladite formation qui est resté faible. En effet, l'importance de l'aire totale des taches et la valeur moyenne de l'aire calculée pour cette unité forestière indiquent sa faible fragmentation. Le taux relativement faible de fragmentation de la forêt-galerie se confirme par une valeur élevée de l'aire totale des taches. Par contre, cet indice demeure relativement faible pour la forêt claire (19,23 %), la savane arborée(18,79 %) et la savane arbustive(17,06 %), ce qui indique l'importance du niveau de fragmentation desdites formations végétales par rapport à la forêt-galerie. Cette dernière suscite encore un intérêt pour sa conservation et dispose donc de grands blocs, avec une grande valeur de l'indice de la moyenne des aires. Par contre, la valeur élevée de l'aire totale des taches pour la savane boisée illustre une fragmentation partielle et localisée. La valeur moyenne des aires calculée pour cette formation végétale suit la même tendance, exprimant ainsi une faiblesse relative du niveau de fragmentation (7,43 %). La moyenne de l'indice de forme est relativement constante pour la forêt-galerie, la forêt claire et la savane boisée. Les valeurs les plus faibles de cet indice présentent une faible dispersion avec les valeurs les plus élevées. Ces dernières sont observées sur la savane arborée et la savane arbustive. Cette situation montre l'effet des perturbations externes sur l'habitat naturel de la végétation et donc une fragmentation variée des formations végétales, surtout sur la savane arborée et la savane arbustive (BOGAERTJ. *et al.* 2005). L'indice de diversité de Shannon est particulièrement élevé pour la forêt-galerie, la forêt claire et la savane arborée avec une faible dispersion des valeurs. Cette variation homogène indique une régularité de forme dans la structure spatiale et donc une faible empreinte des activités anthropiques sur ces formations végétales. Par contre, au niveau de la forêt claire (fragmentée à 19,23%) et de la savane arbustive (fragmentée à 17,06 %), cet indice présente une valeur de 1,6. Cette situation montre une vulnérabilité plus accrue de ces deux formations aux activités anthropiques. Par conséquent, malgré sa faible représentativité (3,50 %), les cultures et jachères représentent un facteur non négligeable de la fragmentation de la forêt claire et de la savane arbustive dans les forêts classées d'étude. Cette situation est illustrée par la carte 3.



L'analyse de la carte 3 montre de vastes surfaces à très fort et fort niveau de dégradation. Elles présentent une concentration relativement importante de champs de cultures et jachères et sont occupées par la forêt claire, la savane arborée, la savane arbustive et les sols ferrugineux. Les unités de végétation relativement conservées sont constituées de forêt-galerie et de savane boisée, localisées au sud-ouest dans la vallée de l'Ouémé et au sud-est pour la forêt de Kétou et au sud-est et au centre pour la forêt de Dogo.

4. Discussions

Les résultats de la présente étude montrent une végétation relativement humide, inégalement répartie et sous une pression relativement faible de cultures et jachères et des risques naturels liés aux inondations. La déforestation y est relativement importante. Ces résultats sont en adéquation avec ceux obtenus par le mémoire de DESS sur le thème «Utilisation de la télédétection et des SIG dans la gestion durable des aires protégées : cas des forêts classées de

Dogo-Kétou au Bénin (ENONZAN B., 2010). L'auteur avait montré dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol de 1986 à 2000, que «la forêt claire et la savane arborée diminuent pendant que la forêt-galerie, la savane boisée, la savane arbustive et les champs et jachères augmentent dans les forêts classées d'étude. Il affirme que «dans ces forêts, certaines unités d'occupation du sol ont disparu au détriment d'autres. On constate une forte dégradation de certaines formations végétales ». En comparant ces résultats avec ceux de la présente étude, on constate que de 2000 à 2013, la forêt-galerie, la forêt claire et la savane boisée augmentent alors que la savane arborée, la savane arbustive et les champs de cultures et jachères diminuent. Cette analyse confirme les travaux d'ENONZAN B., 2010 avec une différence au niveau de la forêt claire dont l'augmentation pourrait s'expliquer par la diminution de la pression anthropique des cultures et jachères.

Le présent article a montré également que l'ensemble de la végétation des forêts classées d'étude se développe sur une structure spatiale hiérarchisée et perturbée. Cette dernière est caractérisée par la dominance de forêt-galerie et la codominance de la savane boisée et de la savane arborée. Ces résultats confirment la thèse de HOFFMAN O. (1985), selon laquelle «la dominance des espèces constitue la différence marquante entre milieux perturbés et milieux naturels en zone de savane soudanienne».

De ce qui précède, on peut affirmer que la première hypothèse de l'étude est vérifiée et que l'occupation du sol est caractérisée par une végétation humide, inégalement répartie et sous pression agricole.

Les formations végétales sont fragmentées à des niveaux variés par des facteurs anthropiques (SINSINB. et KAMPMANN D., 2010), mais aussi par plusieurs facteurs naturels, non anthropiques (TCHIBOZOE. et *al.*, 2014). Dans la présente étude, le nombre de taches est relativement élevé pour l'ensemble des formations végétales sauf pour la savane arborée et la savane arbustive. Selon OPDAM, P. (1991) «les forêts sont d'autant plus exposées aux activités humaines, lorsque le nombre de taches est élevé ». Cette hypothèse s'approuve par l'aire totale des taches qui suit la même tendance que le nombre de taches. Dans les forêts classées de Dogo - Kétou, cet indice est relativement moins élevé pour la savane arborée et la savane arbustive. Il s'agit ici d'une fragmentation générale et variée de ces formations végétales.

L'indice de diversité de Shannon est faible pour l'ensemble des formations végétales étudiées excepté celui de la forêt claire et de la savane arbustive. Quant à l'indice de forme, il suit une tendance homogène pour l'ensemble des formations végétales, avec une importance relative au niveau de la savane arborée et de la savane arbustive. Ces résultats exposent l'effet différentiel des perturbations externes sur l'habitat naturel des formations végétales et donc un niveau varié des fragmentations liées aux activités anthropiques et aux risques naturels de l'inondation. De ce qui précède, il ressort que la deuxième hypothèse de l'étude est également vérifiée et que les actions anthropiques influencent la configuration spatiale du paysage.

Les forêts classées de Dogo –Kétou présentent de vastes surfaces et occupées par la forêt claire, la savane arborée, la savane arbustive et les sols ferrugineux. Les formations relativement moins dégradées sont forêt-galerie et la savane boisée. De ce qui précède, il ressort que la troisième hypothèse est également vérifiée et que les niveaux de dégradation du paysage sont variés.

Conclusion

La cartographie de l'occupation du sol et l'analyse spatiale du paysage des forêts classées de Dogo – Kétou, qui ont fait l'objet de cette prospection, ont permis de diagnostiquer le degré d'anthropisation et de vulnérabilité du milieu naturel. L'occupation du sol se caractérise par une inégale répartition de la végétation humide sous pression d'actions anthropiques agricoles inégalement réparties au sein du paysage. Le monitoring de ces forêts doit être réalisé par télédétection pour des mesures plus actualisées, afin de limiter durablement les impacts sur l'écosystème. Des mesures de protection préventives des forêts classées demeurent indispensables pour la réduction de ces pressions.

Références bibliographiques

ADAMOU I. GARBA A. (2009). Occupation des sols des forêts classées du Niger et l'analyse des dynamiques de changement. Évaluation des ressources forestières : Document de travail N°168, FAO. Rome. Italie pp. ii, 19 p.

BOGAERT J. MAHARANÉ A. (2005). Écologie du paysage: cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales des Sciences agronomiques du Bénin*, vol.7, n°1, pp. 39 - 68.

BUREL F. BAUDRY J. (2003). Écologie du paysage: Concepts, méthodes et applications. *Tec &Doc.*, Paris. pp. 167 -168, 359 p.

CES –BENIN (2011). Déforestation au Bénin : enjeux et perspectives. Rapport d'étude, 34p.

- CHALIFOUX S. (2006). Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie. *Revue télédétection*, vol. 6, pp. 9 – 17.
- DEFOURNY P. VANCUTSEM C. PÉKET J., (2006). Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo. *Presses universitaires de Louvain*, Bruxelles, Belgique.
- ENONZAN F. B. (2010). Utilisation de la télédétection et des SIG dans la gestion durable des aires protégées : cas des forêts classées de Dogo-Kétou au Bénin. Mémoire de DESS en en Production et Gestion de l'Information Géographique, www.rectas.org, Campus universitaire Obafemi Owolowo, Ilé-Ife, Nigéria, pp.49-50,85p.
- HARGIS C. D BISSONNETTE. DAVID J. (1997). Understanding measures of landscape pattern. *Bissonnette J. A. (eds.)*. New York. pp. 231- 261.
- HOFFMANN O. (1985). Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays Lobi. Paris. 355 p.
- KABULU D. BAMBA I. (2008). Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga. *Sciences & Nature*, vol. 5, n°1: 49 - 60. pp. Louvain, Belgique
- LAMBIN E. (2001). The causes of land-use and land cover change: moving beyond the myths. *GlobalEnvironmental Change*, ISSN: 0959-3780, vol.11, Elsevier, London, UK, pp. 261-269.
- LOIRE ESTUAIRE(2002). L'environnement humain: Dynamique de l'occupation du sol. *Loire Estuaire*, Nantes, 2002, 6 p.
- OPDAM, P., (1991). Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. *Landscape Ecology*, vol.5, n° 2, SPB Academic Publishing bv., The Hague, Netherland, 1991, pp. 93-106,
- SINSIN B. KAMPMANN D., (2010). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome 1: Bénin. Sinsin B. Kampmann D. (eds.), Cotonou & Frankfurt/ Main, ISBN 978-3-9813933-0-9. Hardcover, 2010, pp.86-89, 726 p.
- TCHIBOZO E. A. DOMINGO E. SOHOU E. B., (2014). Fragmentation and Vulnerability of Oueme - Boukou Classified Forest Plants (east - Center of Benin). *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 3, Issue 5, ISSN: 2319-8753, 2014, India. pp. 12001 -12012

Remerciements

Nous remercions Monsieur le Recteur de l'Université d'Abomey- Calavi et son équipe pour l'appui financier qui nous a permis de voyager au Maroc afin de présenter les résultats de la présente étude. L'Association marocaine des Jeunes Géomaticiens pour la Rencontre des Sciences géomatiques.