

Fragmentation et vulnérabilité des formations végétales des forêts classées : cas de Kétou et Dogo, Centre-est du Bénin

*Eric Alain **TCHIBOZO**¹, Etienne **DOMINGO**², Soulémana **YESSOUFOU**³
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, Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement (LABOGME)³-Université d'Abomey - Calavi, 01BP 526 Cotonou, Bénin
tchibozeric@yahoo.fr, domingoetienne@yahoo.fr, yessoulemane_2005@yahoo.fr

Résumé

Pour protéger les forêts des menaces liées aux activités anthropiques, elles sont généralement classées. Malgré cela, leurs formations végétales continuent de se dégrader et se présentent actuellement sous formes fragmentées. Cet article vise à évaluer le niveau de fragmentation des forêts classées de Kétou et du Dogo et analyser la vulnérabilité de leurs formations végétales. Une approche méthodologique multicritères basée sur la photo – interprétation par amélioration visuelle et classification assistée d'image, la photo – interprétation géologique, et l'analyse spatiale a conduit à l'identification de ces deux forêts distinctes. Les résultats obtenus montrent qu'elles sont couvertes par une végétation humide inégalement répartie et sous l'influence de la pression agricole. La forêt – galerie, la savane arborée et arbustive, la forêt claire et la savane herbeuse constituent les unités dominantes. Ces dernières sont fragmentées à des niveaux variés non seulement par des facteurs anthropiques (mosaïque de cultures et jachères) mais aussi par de nombreux facteurs naturels (réseau de fractures et linéaments, inondation, altération des roches et érosion différentielle des sols). Les facteurs anthropiques, présentent une importance au niveau des deux forêts (39,32 % à Kétou et 46,08 % à Dogo). Les formations végétales, vulnérables à cette pression anthropique sont la savane arborée et arbustive (39,32 % à Kétou et 51,61 % à Dogo) ; la savane boisée (23,82 % à Kétou) et la forêt claire (21,38 % à Dogo). Par contre, au sein des facteurs naturels, le réseau de fractures et linéaments induit une vulnérabilité sur la forêt-galerie (51,24 % à Kétou et 31,26 % à Dogo), la savane arborée et arbustive (28,12% à Kétou et 48,17 % à Dogo). Quant à l'inondation, ses vulnérabilités portent sur la forêt-galerie (67,22 % à Kétou et 32,93 % à Dogo) et sur la savane arborée et arbustive (22,87% à Kétou et 46,08 % à Dogo). Pour l'altération des roches, les niveaux de vulnérabilité observés sont de 67,22% à Kétou contre 38,48% à Dogo pour la forêt-galerie et 22,87 % à Kétou contre 52,93 % à Dogo pour la savane arborée et arbustive. Enfin, l'érosion des sols présente une vulnérabilité de 67,22 % à Kétou contre 38,48 % à Dogo pour la forêt-galerie et 52,93 % pour la savane arborée et arbustive de Dogo. Une partie de ces forêts exhibe des îlots d'habitats (patches) de végétation fragmentés à moins de 25 ha : 35,21 % (Kétou) ; 36,51 % (Dogo). Cette situation indique que la structure forestière et la biodiversité de ces forêts dites classées sont déjà profondément et durablement affectées.

Mots clés : fragmentation, forêts classées, formations végétales, Centre - est du Bénin.

Fragmentation and vulnerability of plants formations in classified forest: case of Kétou and Dogo (east- center of Benin)

Abstract

To protect forests from threats related to human activities, they are usually classified. Despite this, their vegetation plant continue to deteriorate and now present in fragmented forms. This article aims to assess the level fragmentation of classified Kétou and Dogo forests and analyze the vulnerability of their vegetation plants.

A multi – criteria methodological approach based on photo –interpretation by visual improvement and assisted interpretation of image, geological photo – interpretation and spatial analysis led to the identification of these two distinct forests. The gotten results show that they are covered by a humid vegetation unevenly distributed and under the influence of an agricultural pressure. The gallery forest, the raised savanna and shrubby, the open forest and the grassy savanna constitute the dominant units. These are fragmented at various levels not only by anthropogenic factors (mosaic of cultures and fallow), but also at many natural factors (fractures and linéaments network, flooding, differential soil erosion and rock weathering). Anthropogenic factors are of importance in the two forests (39.32 % in Kétou and 46.08% to Dogo). The vegetation plant vulnerable to the anthropogenic pressure are tree and shrub savannah (39.32 % to Kétou and 51.61 % in Dogo) savannah woodland (23.82% in Kétou) and woodland (21.38 % to Dogo). The fractures and lineaments network led a vulnerability on the gallery-forest (51,24 % to Kétou and 31,26 % in Dogo), the raised savanna and shrubby (28,12 % to Kétou and 48,17 % in Dogo). As for the flooding, vulnerabilities are about the gallery - forest (67,22 % to Kétou and 32,93 % in Dogo) and on the raised savanna and shrubby (22, 87 % to Kétou and 46, 08% in Dogo). For the rocks weathering, the levels of vulnerability observed are of 67,22 % to Kétou against 38,48% in Dogo for the forest-gallery and 22,87 % in Kétou against 52,93% in Dogo for the raised savanna and shrubby. Finally, the erosion of soils presents a vulnerability of 67,22 % to Kétou against 38,48% in Dogo for the forest-gallery and 52,93% for the raised savanna and shrubby of Dogo. A part of these drills exhibits islets of vegetation habitats (patches) broken up to less of 25 ha: 35,21 % (Kétou); 36,51 % (Dogo). This situation indicates that the forest structure and the biodiversity of these forests say classified are already deeply and for a long time affected.

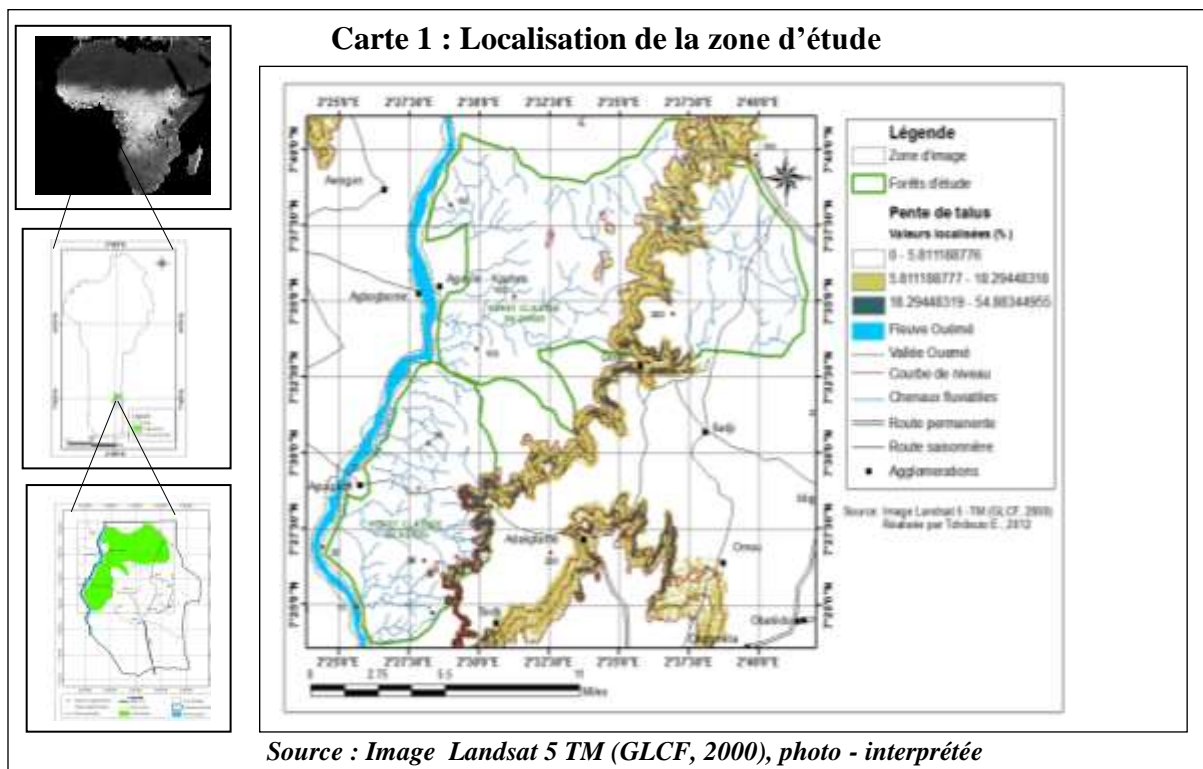
Keywords: fragmentation, classified forest, plant vegetation, east -Center of Benin.

1. Introduction

La fragmentation naturelle ou artificielle des forêts est devenue l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité forestière en Europe (AEE, 2011). En Afrique en général et au Bénin en particulier, les forêts tropicales sont fragmentées à cause de l'action humaine (SINSIN et KAMPMANN, 2010). En zone tropicale, la fragmentation peut favoriser le réchauffement climatique, conduire à la disparition de nombreuses espèces et à la résilience écologique. La fragmentation forestière a aussi des impacts sur le cycle de carbone (WADE et *al.*, 2003, LEMIEUX, 2009).

Le secteur d'étude est constitué de deux forêts classées entièrement localisées au Nord et Nord-est de la commune de Kétou (Centre –est du Bénin). La première desdites forêts, se situe entre

7°23'30'' et 7°33'02'' de latitude nord, 2°23'30'' et 2°30'30'' de longitude est. La seconde, est entre 7°30'40'' et 7°41'00'' de latitude nord, 2°28'03'' et 2°41'31'' de longitude est. Contiguës, elles couvrent ensemble, une superficie totale de 41 958 ha et sont limitées au Nord par la rivière Issanhoun, à l'Ouest par le fleuve Ouémé, à l'Est et au Sud par les flancs très entaillés du plateau de terre de barre de Kétou. Actuellement, elles sont occupées par des colons agricoles d'origines Fon, Holli et Datcha(PGRN, 1997). Ces deux forêts sont limitées au Nord par la rivière Issanhoun, à l'Ouest par le fleuve Ouémé vers lequel est drainée toute l'eau du périmètre. Les flancs très entaillés du plateau de "terre de barre" de Kétou forment la limite principale au sud et à l'est (carte 1).



Les forêts de Kétou et du Dogoont été érigées en forêts classées par les arrêtés respectifs n° 675 SE du 27 janvier 1955 et n° 2026 SE du 2 avril 1955. Malgré cela, elles continuent de subir des pressions anthropiques de plus en plus grandissantes. Une partie considérable de leurs superficies est soumise à une dégradation continue sous les actions conjuguées de plusieurs phénomènes d'origines anthropique, environnementale et climatique. L'objectif de cette étude est d'évaluer le niveau de fragmentation des forêts classées de Kétou et du Dogo et d'analyser la vulnérabilité de leurs formations végétales. Pour ce faire, plusieurs objectifs spécifiques ont été identifiés :

- cartographier la végétation des forêts d'étude ;
- identifier et réaliser le zonage des facteurs de fragmentation des formations végétales ;

-analyser la vulnérabilité des formations végétales. Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes sont retenues:

-les forêts classées de Kétou et du Dogo sont occupées par une végétation humide et sous emprise agricole et dégradée;

-les facteurs de fragmentation des formations végétales sont non seulement d'origine anthropique mais aussi naturelle;

-la vulnérabilité des formations végétales à l'action des facteurs de fragmentation est variée.

2. Outils et méthodes

Les données utilisées dans la présente étude proviennent des résultats issus de travaux antérieurs, de l'utilisation de plusieurs outils de terrain (GPS, planimètre, scanner, carnet électronique, etc.) et des applications de logiciels : Arc Map 10.0, Arc view 3.3, ERDAS Imagine 9.1, Envi 4.7, ENVI EX, Word, Excel 2010. Les caractéristiques des données de télédétection exploitées et des cartes thématiques présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques des données images et des cartes thématiques utilisées

N°	Données	Sources	Format	Echelle/ Résolution spatiale	Résolution spectrale utilisée	Date	Coordonnées de la scène
1	Image Landsat – 5 TM	GLCF	Numérique (Raster)	30 m	TM2: 0,52 à 0,60 (vert) ; TM3 : 0,63 à 0,69(rouge) ; TM4 : 0,76 à 0,90 (proche IR); TM7 : 2,10 à 2,35 moyen IR	23 Nov. 2000	p192/r055
2	Image SRTM	GLCF	Numérique (Raster)	90m	-	23 Nov. 2000	
3	Carte topographique Feuille nb_31_20_21 Zagnanado	IGN Bénin, IGN France	Raster	1/200 000	-	1955	-
4	Carte touristique du Bénin	IGN Bénin	Raster	1/600 000	-	1992	-
5	Carte hydrogéologique du Bénin	FED	Raster	1/500 000	-	1985	-
6	Base de données administratives du Bénin	IGN, Bénin	Fichier de forme	1/200 000	-	1963	-

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

Les méthodes retenues pour la présente étude sont constituées d'une approche pluridisciplinaire, basée sur la segmentation d'image, la photo-interprétation par amélioration visuelle et classification assistée d'image, la photo-interprétation géologique et l'analyse spatiale.

Le découpage des périmètres des deux forêts d'étude est réalisé par segmentation de la scène Landsat. Les images obtenues ont subi des traitements d'amélioration visuelle pour rehausser la végétation. La photo – interprétation visuelle est exécutée par la reconnaissance des indicateurs directs de structure et de texture sur les images. Celle appliquée par classification supervisée des images est réalisée par l'algorithme de maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood) et vectorisation. Les résultats obtenus à ce stade sont validés par des opérations de post classification (matrice de confusion et indice Kappa) (DEFOURNY et *al.*,2006).

La photo – interprétation géologique a permis d'analyser la structure géologique à partir des relevés de terrain, des cartes géologiques et des images disponibles (Padovani et Mering, 1997). A cet effet, plusieurs linéaments interprétés sur les images satellites ont été analysés avec les fractures révélées et la lithologie pour identifier les facteurs naturels de la fragmentation des formations végétales.

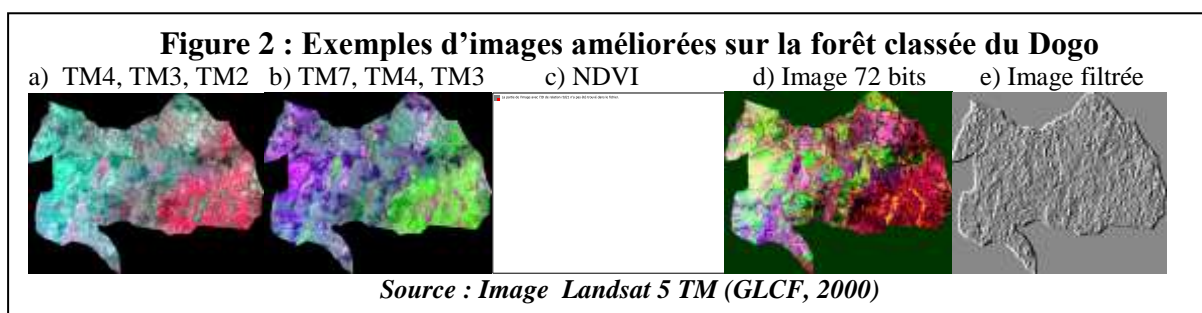
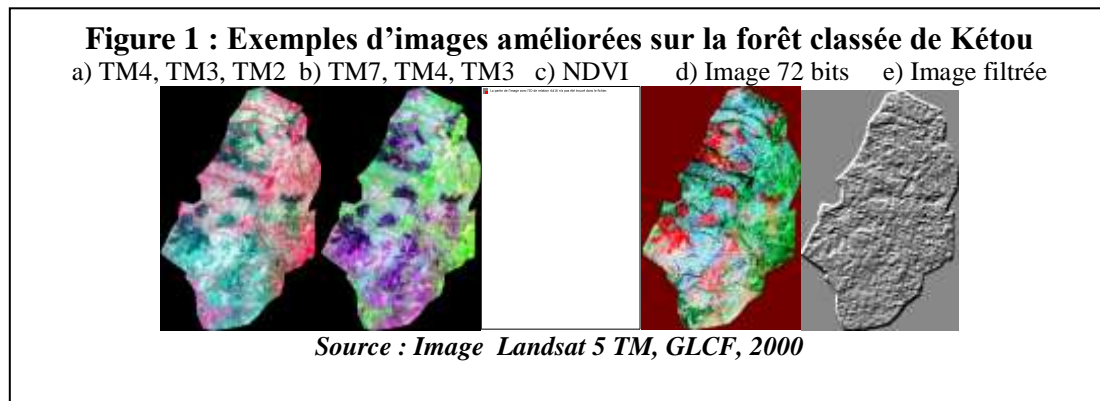
L'analyse spatiale a permis de créer un ensemble de couches géographiques, afférentes à la topographie, l'hydrographie et la tectonique. Ce dernier a servi de base à la réalisation de diverses requêtes spatiales par des opérations de superposition, de sélection et d'intersection, pour définir les relations topologiques permettant d'identifier les zones de fragmentation des forêts de Kétou et du Dogo. Les superficies des différentes formations végétales, sont calculées à l'aide du logiciel Arc view 3.3.

3. Résultats

3.1 Cartographie de la végétation des forêts de Kétou (12255 ha) et du Dogo (29703 ha)

3.1.1 La photo – interprétation par amélioration visuelle d'image

Les résultats obtenus montrent plusieurs images améliorées : compositions colorées, NDVI, image filtrée et image optimisée de 72 bits (figure 1 et figure 2).

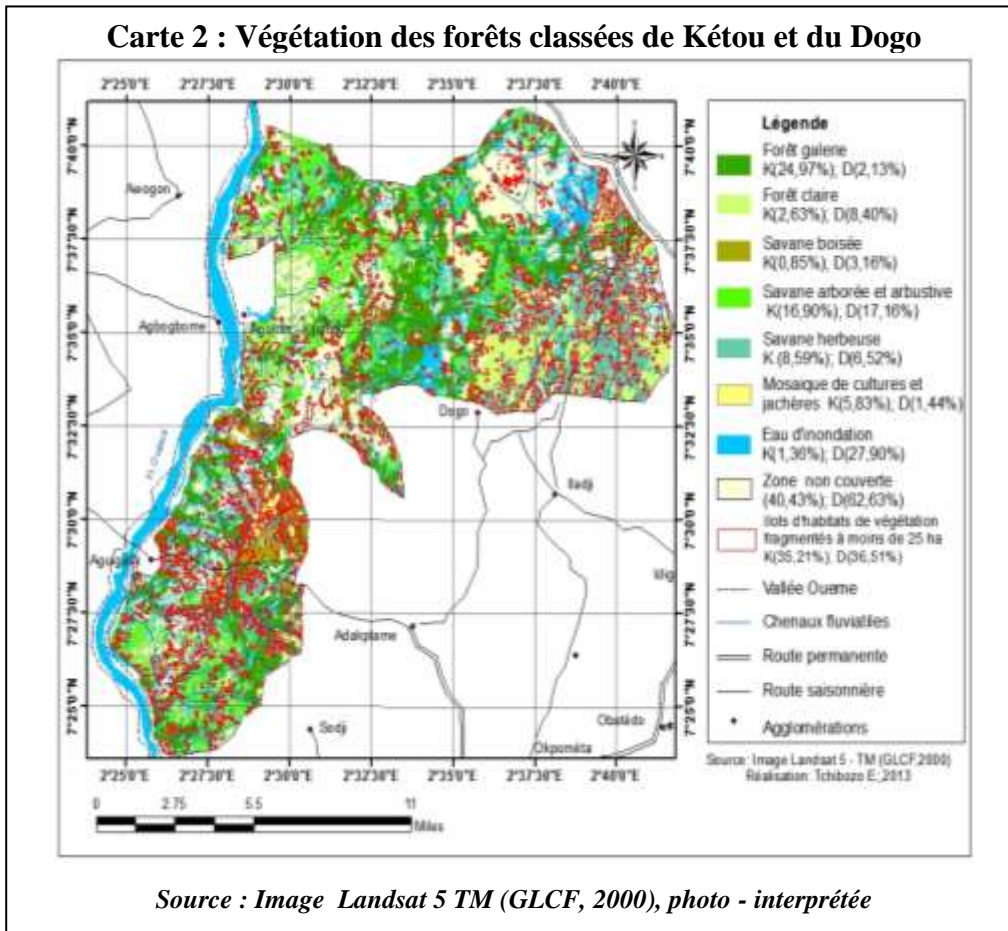


Elles présentent une distinction nette entre les zones couvertes de celles non couvertes de végétation. L'interprétation visuelle de l'image améliorée (72 bits) révèle que dans la forêt classée de Kétou (figure 1d), le sol nu est présenté en rouge, la végétation en vert et en bleu suivant la strate considérée, les cultures et jachères en rose. Dans celle du Dogo (figure 2d), les sols nus sont crayonnés par le violet, le jaune et le vert, tandis que la végétation est illustrée par le rouge gradué suivant les strates considérées.

3.1.2. Photo – interprétation par classification assistée d'image

La carte de la végétation montre une couverture relativement plus importante dans la forêt classée de Kétou (53,89 %) que dans celle du Dogo (37,37 %). On note une dominance de forêt-galerie (24,97 %) et de savane arborée et arbustive (16,90 %) à Kétou. Par contre, celle de Dogo présente une dominance de savane arborée et arbustive (17,16 %) avec une forêt claire (8,40 %) qui dispose en son sein une savane herbeuse (6,52 %) carte 2.

Carte 2 : Végétation des forêts classées de Kétou et du Dogo

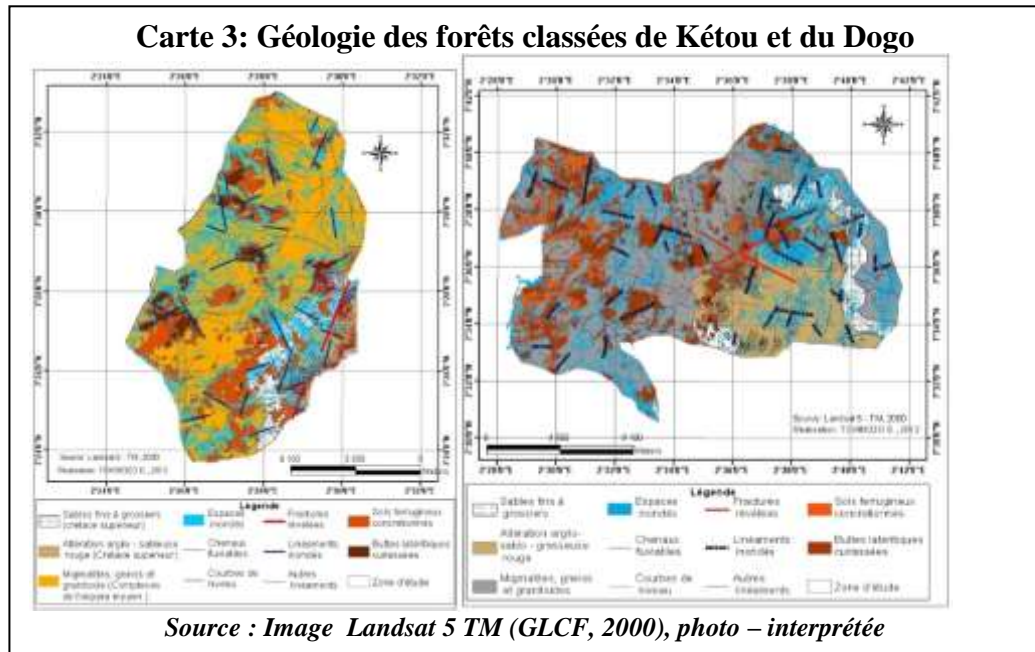


Source : Image Landsat 5 TM (GLCF, 2000), photo - interprétée

La forêt claire (2,63 %), la savane boisée (0,85 %) et la savane herbeuse (8,59 %) sont faiblement représentées à Kétou avec des surfaces qui diminuent progressivement du Nord vers le Sud, où l'on observe de vastes surfaces de désertification. À Dogo, ces unités sont caractérisées par une forte présence d'eau (27,90 %) avec une faible représentation de la forêt-galerie (2,13 %) et de la savane boisée (3,16 %). L'ensemble de ces unités de végétation est sous la pression de cultures et jachères. La déforestation a divisé la forêt classée de Kétou en deux parties inégales: Au Sud - ouest, le paysage de sols dénudés et drainés, contraste avec les reliques de forêt-galerie, de savane arborée et arbustive, ainsi que de savane boisée et inondée dont la surface augmente progressivement du Sud vers le Nord. Au Nord - est, la végétation plus abondante est composée de savane arborée et arbustive, de savane boisée et de savane herbeuse, qui est également sous la pression de cultures et jachères. Dans la forêt du Dogo, de vastes surfaces dénudées contrastent avec des reliques de végétation. On distingue aisément l'orientation SW – NE des couloirs de savane arborée et arbustive, séparés par des îlots de forêt-galerie. Au Sud – est, un regroupement de forêt claire, contraste avec la distribution de savane herbeuse, morcelée par la mosaïque de cultures et jachères (1,44 %).

3.1.3. La photo – interprétation géologique

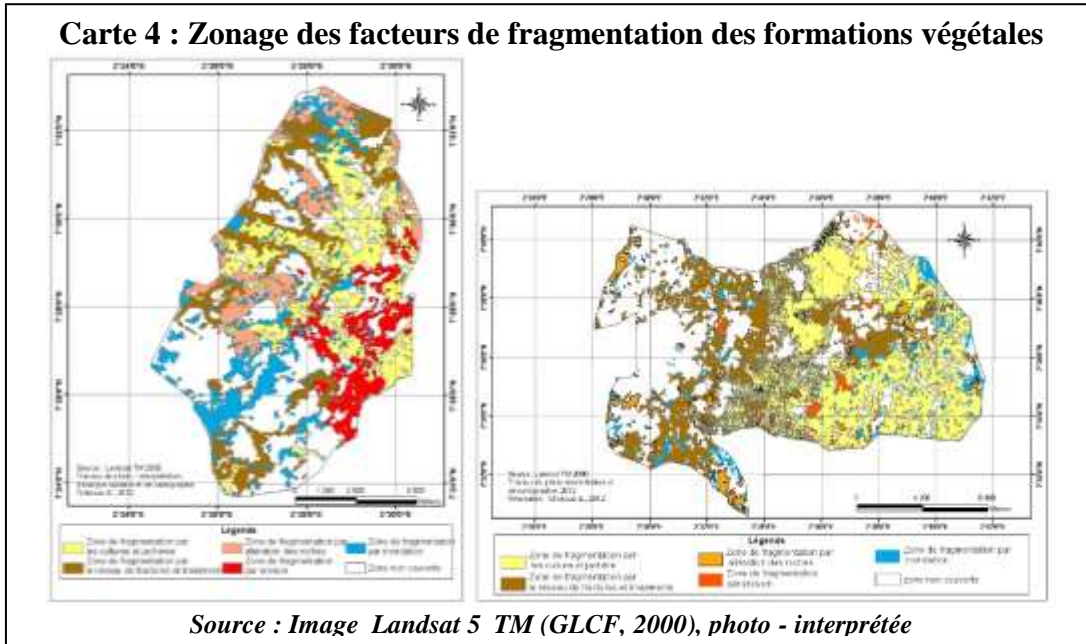
Dans les forêts classées de Kétou et du Dogo, le substratum géologique est composé de formations sédimentaires, métamorphiques et magmatiques (carte 3).



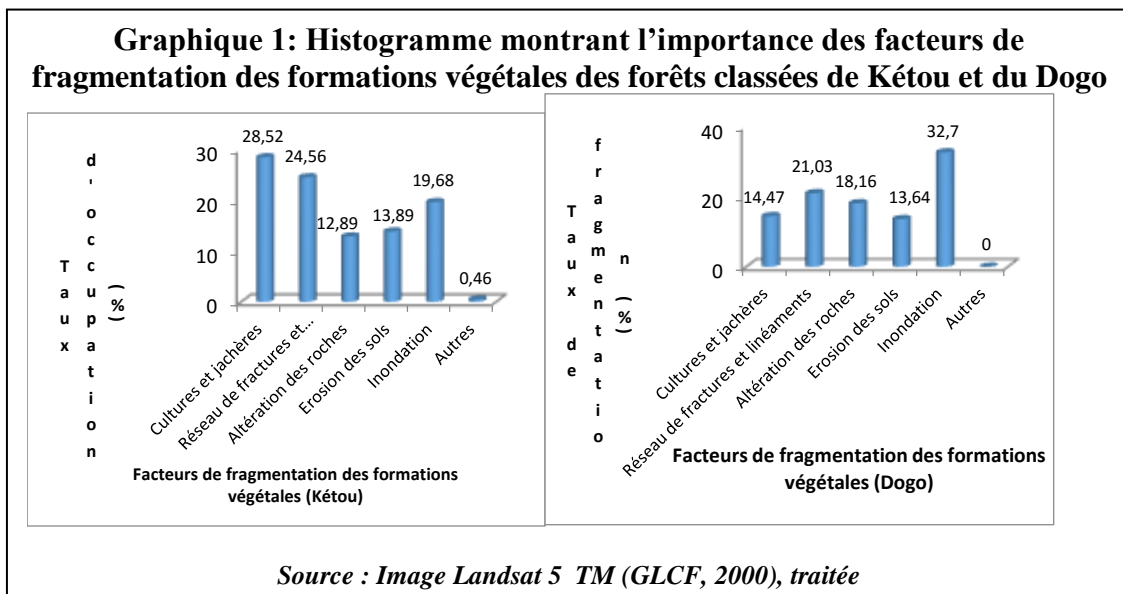
Sur la figure 5, on observe de vastes espaces inondés occupé par des buttes latéritiques et des sols drainés. L’espace d’étude est marqué par des fractures et linéaments (SW-NE et SE-NW) qui sont également inondés mais seulement par endroit. La zone escarpée au Sud - est de la forêt classée de Kétou, délimite une surface d’altération argilo – sableuse, traversée par la principale faille (SSW – NNE) connue sur les cartes géologiques.

3.2 Identification et zonage des facteurs de fragmentation des formations végétales

Dans la présente étude, l’analyse spatiale révèle plusieurs facteurs de fragmentation des formations végétales. Leur importance dans le processus de fragmentation est variée pour chaque formation végétale et dépend aussi de la forêt classée concernée (carte 4).

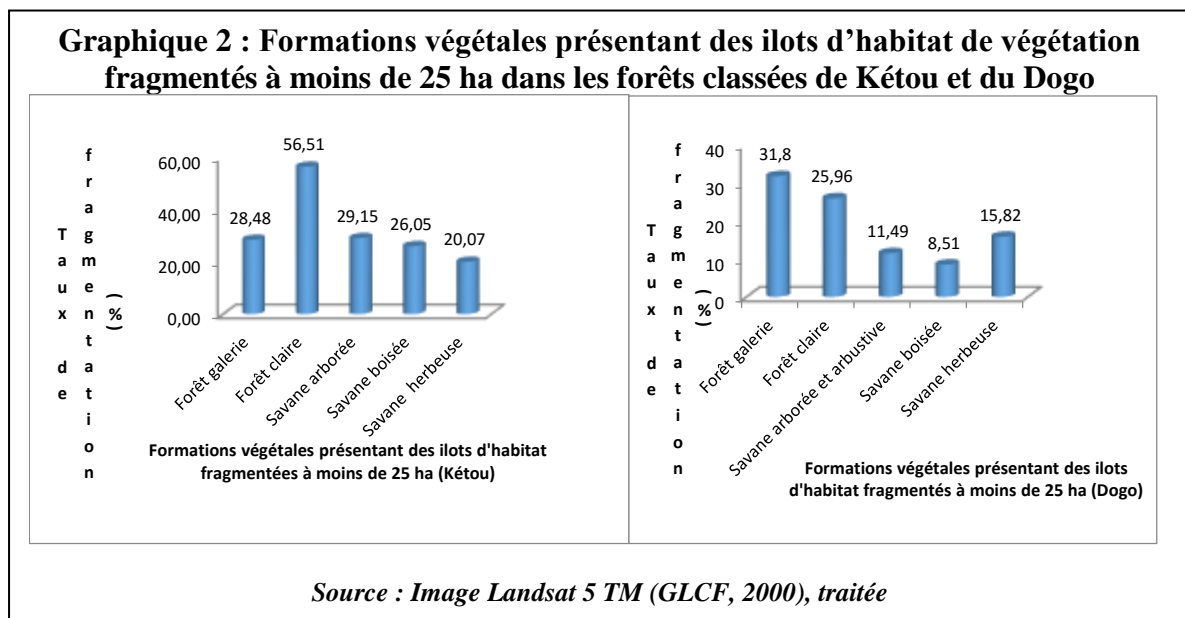


Le graphique ici-dessous montre que les facteurs de fragmentation des formations végétales occupent différemment l’espace. À Kétou, on note une importance relative des cultures et jachères (28,52 %), du réseau de fractures et linéaments (24,56 %) et de l’inondation (19,68 %), alors qu’à Dogo les facteurs les plus remarquables sont l’inondation (32,70 %), le réseau de fractures et linéaments (21,03 %) et l’altération des roches (18,16 %). À Kétou, la zonedefragmentation par la mosaïque de cultures et jachères est identifié au Centre –est, au Centre – ouest et au Nord, tandis qu’à Dogo, ce facteur occupe le Sud - est et le Nord – est de la zone d’étude. La fragmentation par le réseau de fractures et linéaments occupe 24,56 % de la forêt de Kétou contre 21,03 % dans celle du Dogo. A Kétou, ce facteur est remarqué au Sud, au Centre – ouest et au Nord – ouest de la forêt d’étude. Par contre, c’est à l’Ouest et au Centre que ce facteur est inégalement réparti dans la forêt classée du Dogo (carte 4 et graphique 1).



La fragmentation par l'inondation agit au Sud et au Nord de la forêt de Kétou avec 19,68 % d'occupation. Dans celle du Dogo, elle est remarquée au Sud – ouest, au Sud - est et au Nord – est. La zone de fragmentation par l'altération des roches s'exprime au Centre – ouest et au Nord – ouest de la forêt de Kétou avec 12,89 %. Dans celle du Dogo, elle concentre 18,16% d'occupation avec une faible représentation au Sud –ouest, au Nord-ouest et au Centre. L'érosion différentielle occupe 13,89 % au Sud –est de Kétou et 13,64 % au Centre de la forêt classée du Dogo (graphique 1).

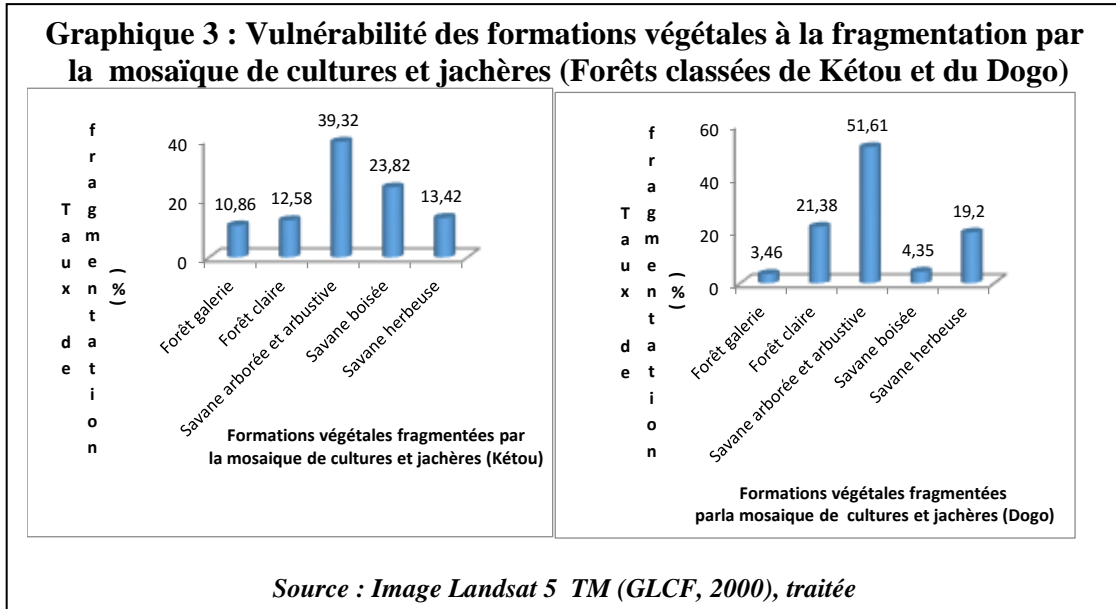
Dans les forêts de Kétou et du Dogo, une partie de la végétation (35,21 %, soit 1616,08 ha et 36,51 %, soit 4053,70 ha respectivement), présentent un habitat fragmenté avec des îlots de moins de 25 hectares (carte 2). Plusieurs formations végétales sont touchées à des niveaux variés par cette « fragmentation au seuil critique ». A Kétou, on note la forêt-galerie (28,48 %), la forêt claire (56,51 %), la savane arborée et arbustive (29,15 %), la savane boisée (26,05 %) et la savane herbeuse (20,07 %). L'habitat de la forêt claire et la savane arborée et arbustive sont particulièrement morcelés. Par contre, pour Dogo ce niveau de fragmentation se manifeste sur la forêt-galerie (31,80 %), la forêt claire (25,96 %), la savane arborée et arbustive (11,49 %), la savane boisée (8,51 %) et la savane herbeuse (15,82 %). L'habitat de la forêt-galerie, la forêt claire et la savane herbeuse est particulièrement morcelé (graphique 2).



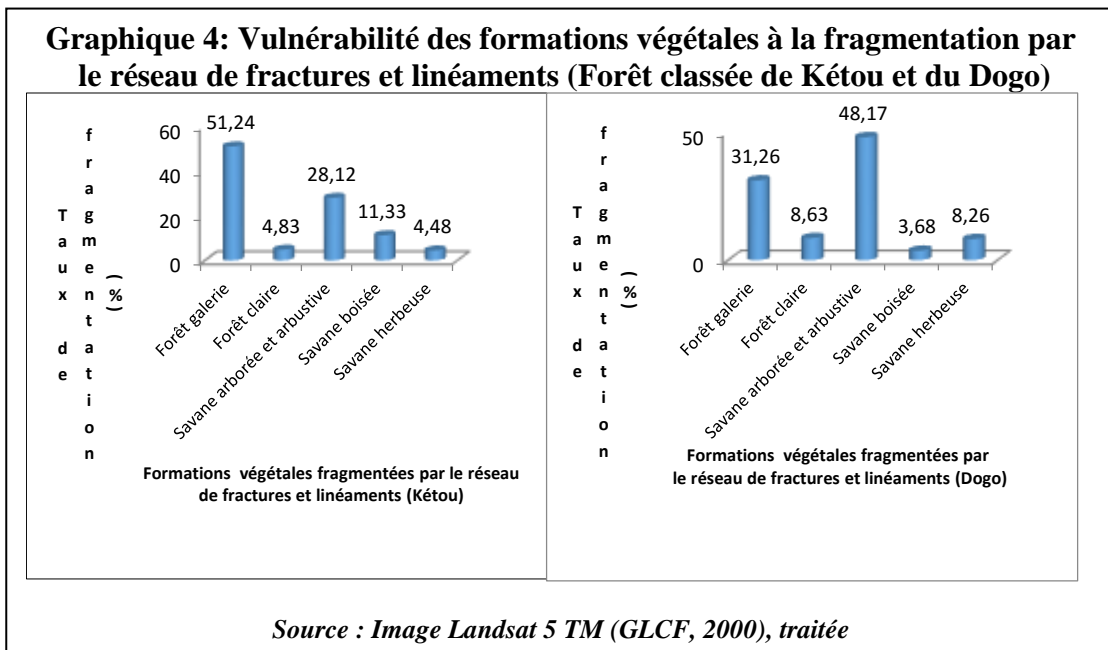
3.2 Analyse de la vulnérabilité des formations végétales à la fragmentation

L'analyse spatiale montre une vulnérabilité des formations végétales à la fragmentation. Les résultats obtenus permettent de confirmer que les formations végétales, particulièrement sensibles à la fragmentation par la mosaïque de cultures et jachères à Kétou sont la savane

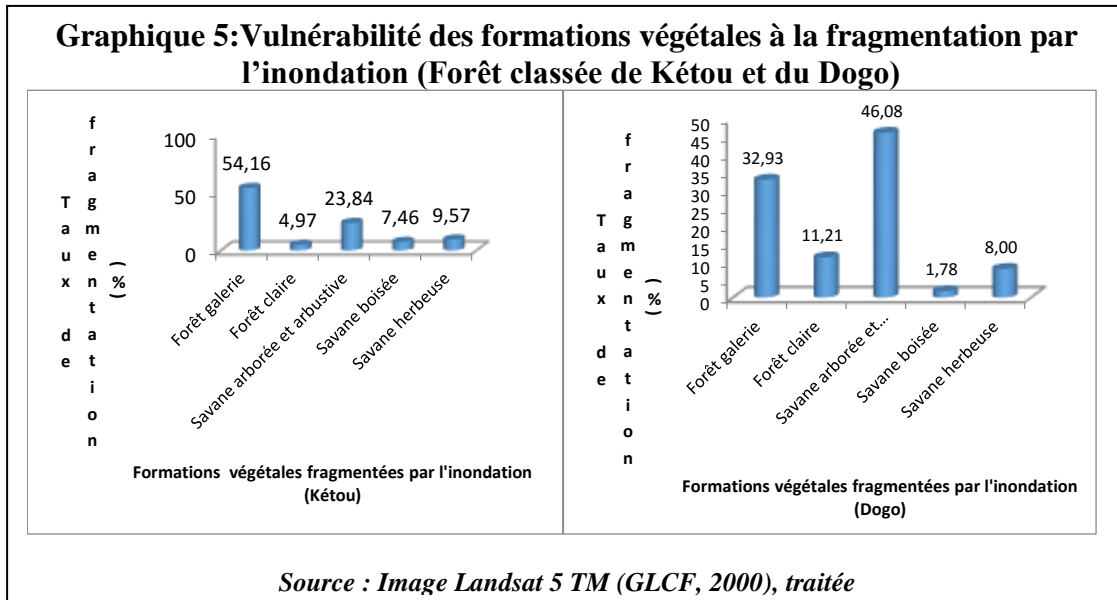
arborée et arbustive (39,32 %), la savane boisée (23,82 %) et la savane herbeuse (13,42 %). Par contre à Dogo, la vulnérabilité est exprimée sur la savane arborée et arbustive (51,61 %), la forêt claire (21,38 %) et la savane herbeuse (19,20 %). Les autres formations végétales sont moins vulnérables (graphique 3).



Les formations végétales les plus sensibles à la fragmentation par le réseau de fractures et linéaments sont la forêt-galerie (51,24 %), la savane arborée et arbustive (28,12 %) et la savane boisée (11,33 %) à Kétou. Pour Dogo, c'est plutôt la savane arborée et arbustive (48,17%) et la forêt-galerie (31,26 %) qui sont remarquées. Les autres unités de végétation sont peu vulnérables à ce type de fragmentation (graphique 4).

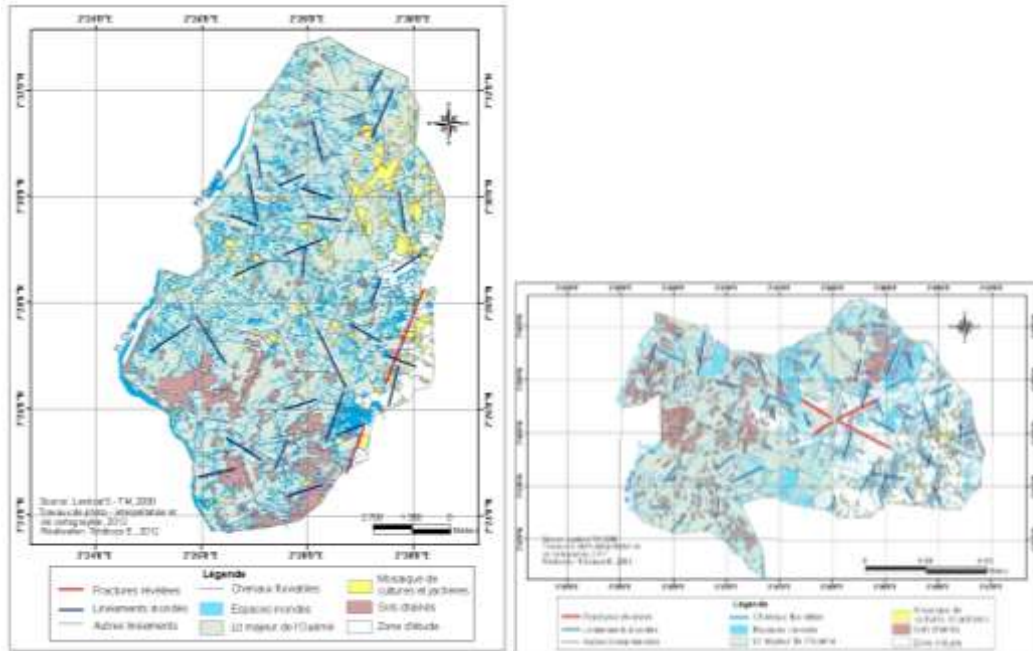


Les formations végétales particulièrement sensibles à la fragmentation par l'inondation sont la forêt-galerie (54,16 %) et la savane arborée et arbustive (23,84 %) pour Kétou. Par contre à Dogo c'est la savane arborée et arbustive (46,08 %) et la forêt-galerie (32,93 %) qui sont identifiées. Les autres formations sont peu vulnérables (graphique 5).



En période de crue, les forêts classées de Kétou et du Dogo présentent une inondation importante surtout au sud-ouest, au sud-est et au Centre. Le lit majeur du fleuve Ouémé couvre une grande partie de leur territoire excepté le couloir escarpé au Sud – est. Le réseau de fractures et linéaments est relativement dense au Centre – ouest de Kétou, alors qu'à Dogo, cette observation est confirmée au sud-ouest, au nord-ouest et au Centre. Dans les forêts d'étude, les sols drainés sont rassemblés au Sud. Au Sud – est, la partie escarpée du plateau de Terre de barre, présente une formation argilo – sableuse. Elle est traversée par la principale faille orientée SSW-NNE. Dans cette zone de fragmentation, l'interprétation révèle trois directions de fractures et linéaments : N10° - N20°, N60° - N90° et N150° - N170°. Au sud - est de la forêt de Kétou, une zone d'altération argilo - sableuse gréseuse se distingue aisément dans le paysage géologique. Elle est limitée à l'ouest par un talus escarpé et à l'est par un couloir de sables fins et grossiers (carte 5).

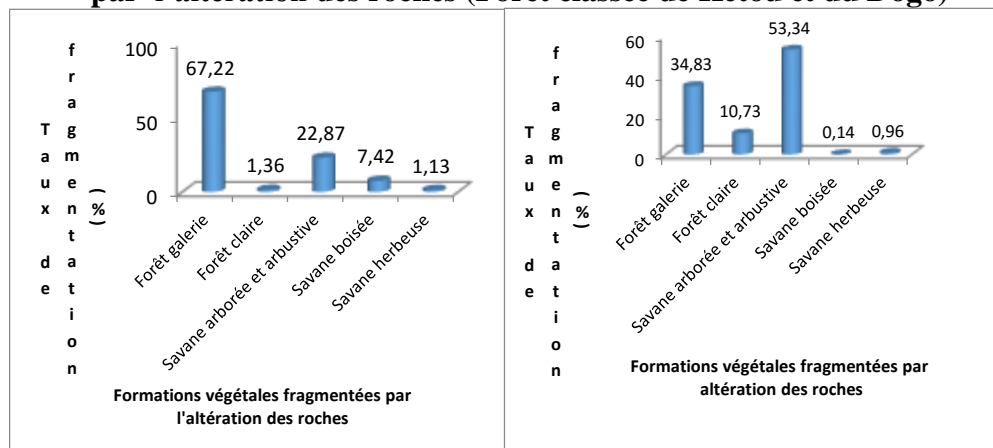
Carte 5: Réseau de fractures et linéaments des forêts classées de Kétou et du Dogo



Source : Image Landsat 5 TM (GLCF, 2000), photo - interprétée

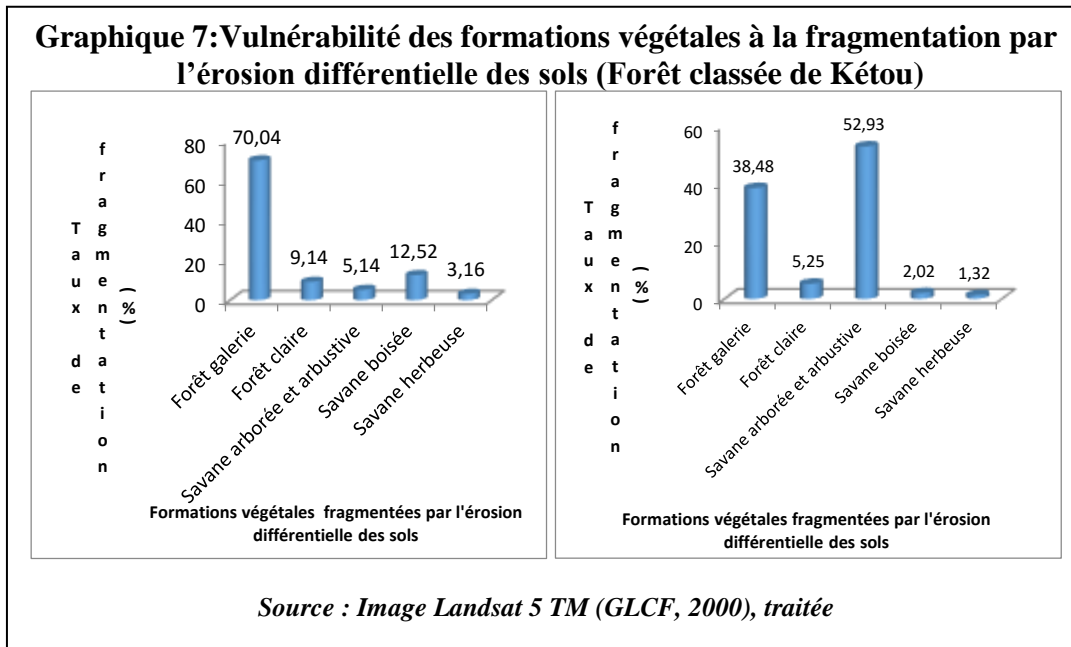
Les formations végétales particulièrement sensibles à la fragmentation par l'altération des roches présentent des niveaux variés de vulnérabilité pour la forêt-galerie (67,22 %) et la savane arborée et arbustive (22,87 %) à Kétou. Mais à Dogo, cette vulnérabilité est observée sur la savane arborée et arbustive (52,93 %) et la forêt-galerie (38,48 %). Les autres unités de végétation sont peu vulnérables (graphique 6).

Graphique 6 : Vulnérabilité des formations végétales à la fragmentation par l'altération des roches (Forêt classée de Kétou et du Dogo)



Source : Image Landsat 5 TM (GLCF, 2000)

La formation la plus vulnérable à la fragmentation par l'érosion différentielle des sols est la forêt-galerie (67,22 %) pour Kétou et la savane arborée et arbustive (52,93 %) et la forêt-galerie (38,48 %) à Dogo. Les autres unités de végétation sont peu vulnérables (graphique 7).



L'analyse spatiale révèle que l'érosion différentielle est importante dans le lit majeur du fleuve Ouéme et sur les interfluves. Au Sud – est de la forêt d'étude, le relief relativement plat présente une pente abrupte dans l'entaille du plateau Sakété – Pobè. L'altitude décroît progressivement du Sud – est vers le Nord – est à Kétou. Dans la forêt classée du Dogo, on distingue un relief relativement plat et sculpté par des percées cataclinales des rivières. L'ensemble de la forêt est divisé en deux parties inégales par un couloir de talus escarpé à fortes pentes localisées et d'altitudes différentes. Cette dernière décroît progressivement de l'ouest vers l'est.

4. Discussions

Les résultats obtenus par la présente étude, révèlent une couverture importante inégalement répartie (53,89 % et 37,37 % respectivement) et dégradée de la végétation des forêts classées de Kétou et du Dogo. À Dogo, la végétation est relativement plus humide qu'à Kétou. Cette situation qui réalise la première hypothèse de l'étude, confirme les résultats du Rapport d'Etudes FAO, Forêts 2000 « Au Bénin, environ 65 % du territoire sont couverts par une végétation arbustive et arborée, fortement dégradée ».

À Kétou, on note une dominance de la forêt - galerie et de la savane arborée et arbustive, alors qu'à Dogo, la savane arborée et arbustive et la forêt claire sont les unités les plus remarquées.

Selon Hoffman (1985), la dominance des espèces constitue la différence marquante entre milieux perturbés et milieux naturels en zone de savane soudanienne. Cette situation indique la présence de milieux perturbés dans nos forêts d'étude. Les résultats obtenus dévoilent que les formations végétales sont fragmentées à des niveaux variés non seulement par des facteurs anthropiques (ENONZAN, 2010, SINSIN et KAMPMANN, 2010), mais aussi par plusieurs facteurs naturels (non anthropiques). A partir de ce constat, on peut affirmer que la seconde hypothèse de l'étude est également vérifiée. L'ensemble des formations végétales est fragmenté par des facteurs variés qui occupent différemment l'espace : la mosaïque de cultures et jachères, le réseau de fractures et linéaments, l'inondation, l'altération des roches et l'érosion différentielle des sols.

Dans les forêts d'étude, les formations végétales présentent un habitat de végétation avec des îlots fragmentés à moins de 25 ha (35,21 % pour Kétou et 36,51 % pour Dogo). Ces deux valeurs présentent une corrélation qui pourrait s'expliquer par la présence des mêmes facteurs de fragmentation des formations végétales au niveau des dites forêts. Selon PÜTZ et *al.* (2011), en zone tropicale, en dessous d'un seuil de 25ha, la structure forestière et la biodiversité sont rapidement, profondément et durablement affectées : la forêt mature ne peut réapparaître; seuls les premiers stades du cycle sylvogénétique sont maintenus. Cette affirmation est bien observée dans les forêts de Kétou et de Dogo, où le taux de couverture varié est moyen pour Dogo et important pour Kétou. Dans l'ensemble des forêts d'étude, les formations végétales les plus fragmentées sont la forêt-galerie et la savane arborée et arbustive. Les moins fragmentées sont la savane boisée et la savane herbeuse. À Dogo particulièrement, la forêt claire est menacée de fragmentation par la mosaïque de cultures et jachères. Ces situations confirment la troisième hypothèse de l'étude et montrent l'effet différentiel des perturbations externes sur l'habitat naturel des formations végétales et donc un niveau varié de leur fragmentation.

Conclusion

Dans les forêts classées du Centre – est du Bénin, la végétation est humide, sous pression agricole et dégradée. La variation du taux de couverture montre une répartition inégale de la végétation. A Kétou, on note une dominance de la forêt galerie (24,97 %) et de la savane arborée et arbustive (16,90 %), alors qu'à Dogo, la savane arborée et arbustive (17,16 %), la forêt claire (8,40 %) et la savane herbeuse (6,52 %) sont les unités les plus remarquables.

Dans les forêts classées de Kétou et du Dogo, les facteurs de fragmentation sont non seulement d'origine anthropique, mais aussi naturelle. A Kétou les plus importants sont la mosaïque de

cultures et jachères (28,52 %), le réseau de fractures et linéaments (24,56 %) et l'inondation (19,68 %). Par contre, à Dogo, on note les perturbations liées à l'inondation (32,70%), au réseau de fractures et linéaments (21,03 %) et à l'altération des roches (18,16 %).

L'analyse de la vulnérabilité des formations végétales permet de confirmer qu'à Kétou, les niveaux de vulnérabilité par rapport à la mosaïque de cultures et jachères représentent 39,32% pour la savane arborée et arbustive, 23,82% pour la savane boisée et pour 13,42% la savane herbeuse. Par contre, celles relatives au réseau de fractures et linéaments sont constituées de 51,24 % pour la forêt-galerie, 28,12% pour la savane arborée et arbustive et 11,33 % pour la savane boisée. Quand à celles liées à l'inondation, on note 54,16 % pour la forêt-galerie et 23,84% pour la savane arborée et arbustive.

La vulnérabilité des formations végétales à Dogo est exprimée par l'inondation avec 46,08 % pour la savane arborée et arbustive et 32,93 % pour la forêt-galerie. En ce qui concerne le réseau de fractures et linéaments, on observe la vulnérabilité à 48,17 % pour la savane arborée et arbustive et 31,26 % pour la forêt-galerie. Enfin, l'altération des roches présente 52,93 % de vulnérabilité pour la savane arborée et arbustive et 38,48 % pour la forêt-galerie.

Ainsi, les formations végétales des forêts d'étude présentent des niveaux variés de fragmentation. La maîtrise du comportement spectral de la végétation fragmentée est une information utile pour une meilleure gestion de la dynamique des forêts classées du Bénin. Des données plus récentes devraient permettre de quantifier la dynamique et le sens de la fragmentation (à partir des résultats de la présente étude), afin de limiter ses impacts sur l'écosystème. Cette opportunité offre la perspective pour l'analyse des potentialités économiques, culturelles et environnementales de ces forêts classées, afin de créer des métadonnées et une infrastructure de données spatiales. À cet effet, la maîtrise de l'eau pourraient aider à diminuer l'impact de l'inondation, de l'altération des roches et de l'érosion différentielle des sols. Les zones menacées par la tectonique des fractures et linéaments pourraient faire l'objet d'un déclassement partiel des forêts d'étude et d'une recommandation pour des prospections géologiques et minières. Quant à la pression anthropique, des mesures de protection plus strictes devront être mises en œuvre pour une gestion plus efficace.

Références bibliographique

BUREL F. et BAUDRY J.(2003). *Écologie du paysage, concepts, méthodes et applications*. Paris : Tec & Doc, 359 pp.

- CHALIFOUX S. (2006). « Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie ». Revue télédétection, Vol. 6, n°1, 2006. pp. 9 – 17.
- DEFOURNY P. VANCUTSEM C. PEKEL J.F. (2006). « Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo ». Presses Universitaires de Louvain. Bruxelles.
- FAO. (2010). « Évaluation des ressources forestières mondiales, Rapport principal ». Rome.
- 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 Production et Gestion de l'Information Géographique. RECTAS, Campus Universitaire Obafemi Awolowo, Off Road1, PMB: 5545, Ile-Ife. Osun State, Nigeria, 85p.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. (2011). « Landscape fragmentation in Europe ». Suisse, 87 pp.
- HOFFMANN O. (1985). « Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays Lobi ». Paris, ORSTOM, 355 p.
- LEMIEUX E. (2009). « Rapport d'analyse de fragmentation du couvert forestier et analyse des forêts d'intérieur » ; UAF. pp. 9-17.
- PADOVANI L. MERING C. (1997). « Apport des opérateurs de morphologie mathématique à l'extraction des failles à partir d'images SPOT panchromatiques, exemple de la faille de Hualca-Hualca ». Pérou. Revue de photo Interprétation. pp.3 - 4.
- PÜTZ S. J GROENEVELD, AL. (2011). « Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: A modelling study for Brazilian Atlantic forests ». Brazil. pp. 1986-1997.
- SAURA S. (2002). « Effects of minimum mapping unit on land cover data spatial configuration and composition ». IntJournal of Remote sensing 23: pp. 4853 - 4880.
- SINSIN B. et KAMPMANN D. (2010). « Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest ». Cotonou, ISBN 978-3-9813933-0-9, 725pp.
- WADE T. RIITERS K. H. AL. (2003). « Distribution and causes of global forest fragmentation ». ConservEcol7, 2: 7111: pp.71 - 85.

Remerciements

Au terme de cette recherche, nous tenons à remercier sincèrement :

- 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 participation aux Rencontres des Sciences géomatiques.