

CARTOGRAPHIE PAR TELEDETECTION DES TROUEES ET DE LA DEGRADATION DE LA FORET CLASSEE DE TOUI-KILIBO (COMMUNE DE OUESSE)

AGBON Apollinaire Cyriaque^{1,2}
AKINDELE Faozane Ayorindé²
CHAFFRA Abiola Sylvestre²

¹ Département de Géographie et Aménagement du Territoire, CU-Adjarra/FASHS de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin) ;
cyrton_74@yahoo.fr ;

²Laboratoire des Applications Géomatiques et Gestion de l'Environnement (LA2GE)/CU-Adjarra/FASHS de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin).

Résumé

La forêt classée de Toui-Kilibo subit une dégradation poussée liée aux activités humaines. L'objectif de cette recherche est d'analyser la dégradation de ladite forêt à partir des trouées en utilisant des outils de la géomatique.

La collecte des données a été faite par des entretiens auprès de 93 ménages. Le tableur Excel 2010 a permis de faire les traitements statistiques. Les cartes ont été réalisées à partir des traitements des images Landsat TM 2005 et Landsat Oli-Tirs 2023 téléchargées sur le site www.earthexplorer.com. Les trouées ont été identifiées sur les images par la technique de télédétection (l'interprétation visuelle) et caractérisées par les relevés de terrain de mai à juin 2023.

Au total, 339 trouées soit 11334 ha (29,54%) ont été identifiées. L'agriculture (264 trouées), les pistes rurales (189 trouées), les cours et plans d'eau (248 trouées), les camps peulh (19 trouées) et les surfaces rocheuses (56 trouées) sont les principaux déterminants et la transhumance, l'exploitation forestière et la carbonisation sont les déterminants secondaires. Les tailles des trouées varient entre 2 et 11 m et leur agrandissement est la cause de la dégradation de la forêt. Les taux de dégradation et de déforestation annuelles sont respectivement de 0,57 % et 2,05 %. La dégradation des écosystèmes de la forêt est de trois ordre, faible (7,66 %), moyenne (62,70 %) et forte (29,54 %). Afin de limiter les dégâts causés par ces ouvertures dans la forêt, des mesures de restauration ont été proposées.

Mots clés : SIG, foresterie, dégradation, trouées, Toui-Kilibo.

Abstract

The Toui-Kilibo classified forest is undergoing extensive degradation due to human activities. The aim of this research is to analyse the degradation of the said forest using geomatic tools.

Data was collected by interviewing 93 households. The Excel 2010 spreadsheet was used for statistical processing. The maps were produced using Landsat TM 2005 and Landsat Oli-Tirs 2023 images downloaded from www.earthexplorer.com. The gaps were identified on the images using the remote sensing technique (visual interpretation) and characterised by field surveys from May to June 2023.

A total of 339 gaps, or 11334 ha (29.54%), were identified. Agriculture (264 gaps), rural tracks (189 gaps), water courses and bodies of water (248 gaps), Fulani camps (19 gaps) and rocky surfaces (56 gaps) were the main drivers, with transhumance, logging and carbonisation being the secondary drivers. The size of the gaps varies between 2 and 11 m, and their enlargement is the cause of forest degradation. Annual degradation and deforestation rates are 0.57% and 2.05% respectively. Forest ecosystems degradation are in three ways: low (7.66%), medium (62.70%) and high (29.54%). In order to limit the damage caused by these openings in the forest, restoration measures were proposed.

Key words: GIS, forestry, degradation, gaps, Toni-Kilibo.

Introduction

Les modifications spatio-temporelles des forêts sont devenues des indicateurs qui permettent d'évaluer la santé des écosystèmes naturels (Oussen *et al.*, 2017 :201). Ces modifications commencent par la fragmentation, la présence des trouées au sein de la forêt qui se manifeste par la dégradation et la déforestation conduisant à l'appauvrissement de la biodiversité (Ortega *et al.*, 2019 :121). Une trouée dans un écosystème naturel fermé est selon L. Leuwen (1835 :311), une ouverture ou une percée naturelle due généralement à l'absence de végétation permettant de découvrir certains éléments du paysage. Elles peuvent être naturelles comme anthropiques. Les trouées ont fait perdre à l'Afrique sud saharienne près de 39 millions d'hectares de forêts tropicales de 1980 à 1990 et en 1995 une dizaine de (10) millions d'hectares en plus (Kawtar *et al.*, 2004 :308). Les principales causes de ces trouées sont l'agriculture, l'élevage, l'exploitation forestière, le tracé des pistes, la carbonisation etc. L'agrandissement de ces trouées détruisent les forêts qui constituent le pilier essentiel du maintien de l'équilibre global de la planète (Ahononga *et al.*, 2020 :36).

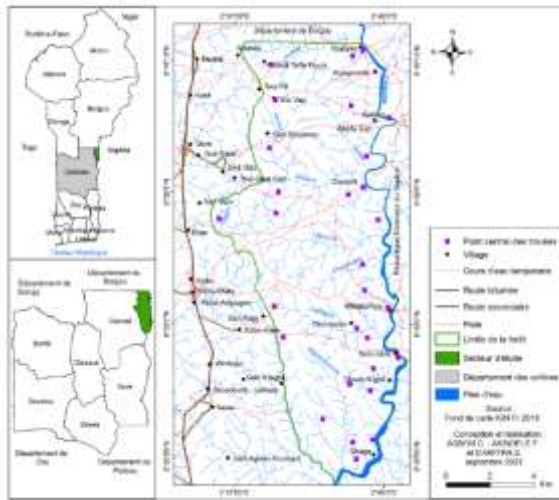
Le Bénin, un pays pauvre en écosystèmes forestiers à cause de sa présence dans le couloir du Dahomey-Gap et dont son développement économique est aussi basé sur l'agriculture et les activités du secteur primaire, n'échappe pas à cette situation et la protection du reste des forêts constitue une priorité. A cet effet, plusieurs forêts outre les forêts sacrées ont été classées par l'Etat central depuis 1954 mais elles sont devenues le théâtre de plusieurs activités anthropiques (Glèlè-Kakai *et al.*, 2011 :443) de l'intérieur vers les périphéries. Le gouvernement béninois face à l'ampleur de la dégradation avancée a décidé d'évaluer la gestion des forêts classées au Bénin en 2018. Cette dégradation est due à une diversité de facteurs (DGEFC, 2016 :29) dont la croissance

démographique, l'exploitation forestière, l'agriculture, la carbonisation et les feux de brousse. La suivie de l'évolution du paysage forestier est possible grâce aux données de la télédétection depuis le lancement du premier satellite Landsat en 1972. La cartographie du couvert forestier et de la surveillance est d'une autre importance primordiale, dans la mesure où l'état des forêts affecte le bien-être de millions de personnes et influe sur la biodiversité (Mbock *et al.*, 2018 :135). L'environnement végétal de la commune de Ouèssè n'est pas épargné à cette dégradation. La croissance sans cesse galopante de la population ajoutée aux surpâturages, feux de végétation, exploitations excessives des espèces ligneuses, et les activités agricoles intenses ont engendré la dégradation progressive des forêts et surtout les forêts galeries du fleuve du centre du Bénin (F.E. Dissou *et al.*, 2018 :344). Le cas le plus inquiétant est la forêt classée de Toui-Kilibo où l'on note d'importantes trouées, l'accroissement des plantations, l'extension des zones de cultures et défrichements des savanes arborées et arbustives, aux coupes de bois, à la fabrication de charbon de bois et au surpâturage et la régression des formations forestières. Le projet d'aménagement forestier (1996-2001) n'a pas eu les résultats escomptés (Igué *et al.*, 2010 :113). Cette recherche a permis d'identifier les trouées observées dans cette forêt et comment l'agrandissement de ces trouées ont contribué à sa dégradation en utilisant les outils de la télédétection.

1. Milieu d'étude

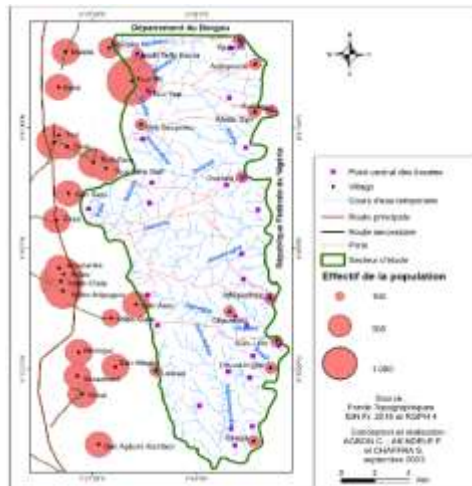
D'une superficie de 38364,65 ha, la forêt de Toui-kilibo est localisée au Nord-Est dans la commune de Ouèssè et dans le département des Collines au Bénin (Igué *et al.*, 2010 :116) entre 8°25'27" et 8°46'12" de latitude Nord et entre 2°36'36" et 2°46'13" de longitude Est. Elle partage ses frontières au Nord avec la Commune de Tchaourou, à l'Est avec la République Fédérale du Nigéria. La rivière Okpara longe du nord au sud toute la partie Est de la forêt. Malgré son statut de forêt classée, 13 villages se trouvent à l'intérieur (figure 1).

Figure 1. Situation géographique de la forêt classée de Toui-Kilibo



La population de la Commune de Ouèssè est estimée à 142 017 habitants (INSAE 2013 :1) et elle ne cesse de croître. La figure 2 présente le nombre de personnes par village autour et à l'intérieur de la forêt en 2023.

Figure 2. Population de 2023 au niveau de la forêt



Cette importante démographie observée autour et à l'intérieur de la forêt classée a occasionné des ouvertures dans la forêt et qui sont liées à la construction des habitations et à l'agriculture. C'est également un milieu par excellence de carbonisation, de pâturage et d'exploitation de bois d'œuvre.

2. Méthodes

Plusieurs techniques ont été utilisées pour collecter et traiter les données afin de présenter les résultats de la recherche.

2.1. Caractéristiques et acquisitions des images satellitaires

L'identification des trouées et l'analyse de l'occupation du sol de la forêt classée se sont d'abord basées sur les images Landsat TM 2005 et Landsat Oli-Tirs 2023. Ces images ont été téléchargées sur le site www.earthexplorer.com en août 2023. Elles ont subi une correction combinée des effets atmosphériques et de l'étalonnage radiométrique propre au capteur. Par la suite, elles ont été corrigées géométriquement, ce qui facilite leur superposition et aussi l'analyse des résultats de l'interprétation visuelle. En effet, les capteurs TM ont 16 détecteurs alors qu'Oli-Tirs est un capteur de Landsat 8 avec 11 bandes. Le capteur Oli-Tirs est doté d'un excellent système d'étalonnage à bord et le capteur TM est plus sensible aux effets du dérayage, causé par la variation entre les détecteurs. Elles sont constituées de 9 bandes de 30 m de résolution. A ces images, sont complétées les données de la recherche documentaire.

2.2. Enquêtes de terrain

Elle s'est déroulée en deux phases : la collecte auprès de la population et les relevés de terrain.

2.2.1. Collecte des données auprès des ménages

Les enquêtes ont été menées dans un échantillon de 6 villages qui se retrouvent à l'intérieur et à la périphérie de la forêt classée. La technique d'échantillonnage à choix raisonnée a été adoptée. La formule de Beaud et Marien (2003) a été appliquée pour déterminer la taille de l'échantillonnage : $n = N \times 400 / N + 400$.

n : la taille de l'échantillonnage et **N** : nombre de ménage pour chaque village $n = 5054 \times 400 / 5054 + 400$; $n = 2021600 / 5454$; $n = 371$. Le taux de réduction utilisé est de 25 %

On a donc $n = 92,75 = 93$. Au total 93 chefs de ménages agricoles ont été interrogés de façon individuelle en mai 2023 à partir d'un questionnaire.

2.2.2. Contrôles et relevés de terrain

Dans le but de couvrir toute la forêt et d'identifier systématiquement les différents types d'occupation du sol de la forêt, une méthode de quadrillage de forme carrée de 250 m X 250 m a été mise en place avec le logiciel Arc-Gis10.7 avec l'outil data management tools et sampling dans Arc-toolbox pour le contrôle terrain (figure 3).

Au total, 136 placeaux ont été mis en place dont 71 réguliers et 65 irréguliers. Les 71 placeaux réguliers et 16 irréguliers ont été choisis pour le contrôle. Les données collectées sont les causes des ouvertures, la taille, la hauteur et la forme des trouées selon les types d'écosystèmes. Les coordonnées géographiques de chaque point-central des placeaux choisis sont insérées dans le GPS avec l'option Go to (aller vers) pour repérer chaque placeau par écosystème (tableau I). Ces collectes ont été faites de mai à juin 2023.

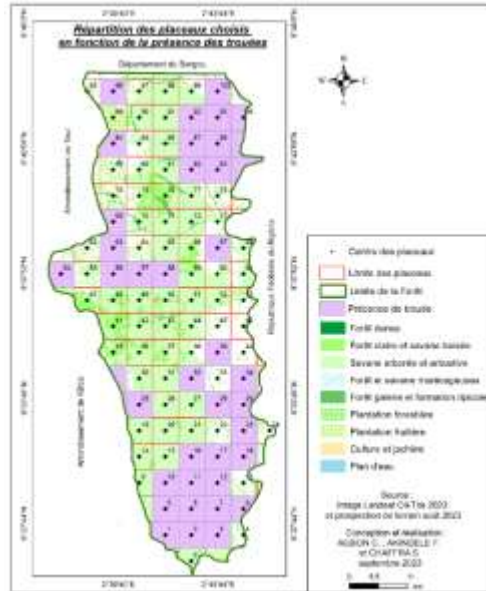
Tableau I. Nombre de points contrôlés et de collecte des données par unité d'occupation

Unités d'occupation	Nombre de points contrôlés
Forêt dense	1
Forêt claire et savane boisée	5
Savane arborée et arbustive	45
Forêt et savane marécageuse	2
Forêt galerie et formation ricicole	4
Plantation forestière	2
Plantation fruitière	4
Culture et jachère	19
Plan d'eau	2
Agglomération	2
Surface rocheuse	1
Total	87

Source : Traitement des données de l'image Landsat Oli-Tirs 2023

Il ressort de l'examen du tableau I que les points ont été pris en fonction de l'importance de chaque unité d'occupation dans la forêt. Ainsi, les savanes arborées arbustives et les cultures et jachères du fait de la grande superficie qu'elles occupent ont un nombre élevé de point contrôle.

Figure 3 : *Quadrillage de la forêt pour le contrôle terrain.*



2.3. Techniques de traitement des données

Elles consistent à un examen attentif et méthodique des données afin d'apporter des réponses aux questions de la recherche.

2.3.1. Caractérisation des trouées

Les limites de la forêt classée superposées à l'image Landsat Oli-Tirs de 2023 a permis d'identifier et de délimiter les trouées sur le logiciel ArcGis 10.7. Cette délimitation a été faite par la digitalisation avec précision sur le contour des ouvertures observées. Le système de référencement étant défini, la localisation des objets est précise avec une facilité de manipulation. Les superficies des trouées ont été calculées.

2.3.2. Cartographie de l'occupation du sol et de ses changements entre 2005 à 2023

L'interprétation a été faite sur les images Landsat TM 2005 et Landsat Oli-Tirs 2023 de 30 m de résolution. Cette interprétation est faite de façon visuelle et manuelle à l'écran. Il s'agit de créer des entités homogènes identifiables sur les images et procéder à la délimitation par digitalisation avec le logiciel ArcGis 10.7 sur un fond d'image satellitaire. Cette technique a été choisie pour sa performance dans l'analyse des images basées sur la connaissance du terrain et la signature spectrale, ton, forme, texture et structure.

2.3.3. Evolution temporelle de l'occupation du sol et des catégories de classe

L'évolution temporelle de l'occupation du sol et des catégories de classes entre deux dates t1 et t2 correspond au taux de changement ou d'évolution de l'occupation du sol ou des catégories de classe. Elle est déterminée à l'aide de l'équation suivante : $S2-S1/S1 \times 100$. Le taux d'évolution annuel est obtenu en divisant le taux de changement par la différence des dates t2 et t1 : $(S2-S1) \times (t2-t1)/S1$.

L'analyse de l'évolution spatiale de l'occupation du sol est réalisée à l'aide de la matrice de conversion des classes d'occupation du sol entre 2005 et 2023 à l'aide de l'outil d'analyse spatiale zonal Tabulate area. Les superficies totales de l'occupation de sol de 2005 et de 2023 ainsi que les gains et pertes subies par chaque classe d'occupation du sol sont calculés à partir de cette matrice.

2.3.4. Analyse de la dégradation des écosystèmes de la forêt classée de Toui-Kilibo

La dégradation liée au changement de chaque classe d'occupation du sol est calculée à l'aide respectivement du ratio Gain/stabilité ($G_s = g/s$), le ratio Perte/Stabilité ($P_s = p/s$) et le ratio Changement net /stabilité ($N_s = G_s - P_s$). Les termes g, s et p représentent respectivement les gains, les zones de stabilité et les pertes de superficie de chaque occupation du sol (Biaou *et al.*, 2019). Le taux moyen annuel de dégradation exprime la proportion de chaque unité de végétation naturelle qui change annuellement. Le taux moyen annuel de dégradation des unités paysagiques a été calculé grâce à la formule (Wasseige *et al.*, (2009) suivante :

$$\mathbf{TAD} = \left(\frac{\mathbf{S2}}{\mathbf{S1}}\right)/t \times 100$$

TAD = taux annuel moyen de dégradation (%); **S2** = Superficie totale de forêt perdue; **S1** = Superficie initiale de forêt et **t** = nombre d'années entre les deux dates).

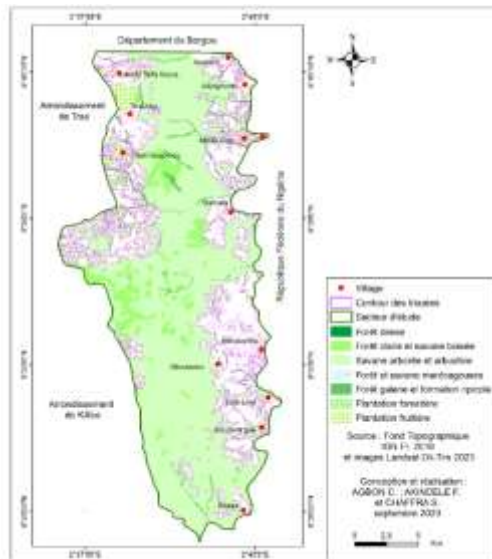
3. Résultats

Les résultats obtenus concernent l'identification des trouées ainsi que la dynamique et la dégradation de la forêt classée.

3.1. Spatialisation et déterminants des trouées de la forêt classée de Toui-Kilibo

Au total, 339 trouées ont été dénombrées dans la forêt, soit une proportion de 29,54 % de la superficie totale. La figure 4 présente la spatialisation de ces trouées.

Figure 4. Trouées présentes dans la forêt classée en 2023



Il ressort de l'analyse de la figure 4 que ces trouées sont plus observées dans la partie nord-est et nord-ouest. Les hauteurs de ces trouées

varient en fonction de la végétation en place. Le tableau II montre la hauteur des trouées selon les grands ensembles de formations.

Tableau II. Hauteur des trouées par unité d'occupation

Unités d'occupation	Taille (hauteur)
Forêt dense	20 m
Forêt claire et Savane boisée	8 m
Savane arborée et arbustive	8 m
Forêt et savane marécageuse	10 m
Forêt galerie et formation ripicole	8 m

Source : Relevés de terrain, mai-juin 2023

Les espaces de cultures, les cours et plans d'eau, les pistes rurales sont les principaux déterminants des trouées ; la transhumance, la carbonisation et l'exploitation forestières sont les déterminants secondaires.

3.2. Cartographie de la dynamique des trouées de la forêt classée de Toui-Kilibo

Le tableau III présente l'évolution temporelle des trouées durant cette période.

Tableau III. Evolution temporelle des trouées entre 2005 et 2023

	2005		2023		Evolution 2005-2023
	S (ha)	P (%)	S (ha)	P (%)	
Zone de trouée	6268	16,34	11334	29,54	5066
Zone non trouée	32088	83,65	27022	70,44	-5066

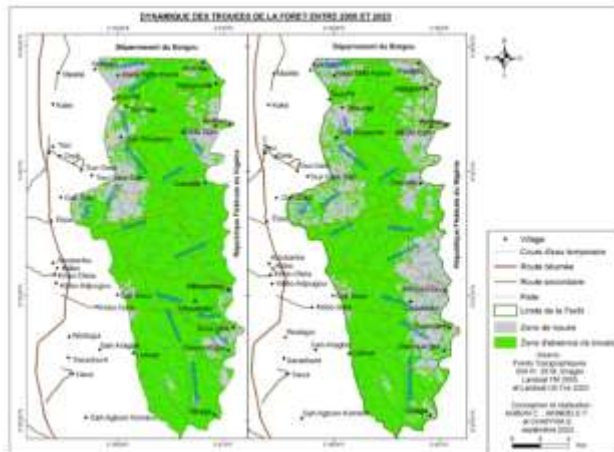
Total	38357	100	38357	100	0
--------------	-------	-----	-------	-----	---

S = Superficies ; P = Proportion.

Source : Landsat TM 2005 et Landsat Oli-Tirs 2023 et enquêtes de terrains, mai-juin 2023

Entre 2005 et 2023, la superficie des trouées a connu une augmentation en passant de 6268 ha à 11334 ha. Cette augmentation est faite au dépend des zones non trouées qui ont connu une régression de 5066 ha en passant de 83,65 % en 2005 à 70,44 % en 2023. La figure 5 présente la spatialisation de la dynamique de ces trouées entre 2005 et 2023.

Figure 5. Dynamique des trouées entre 2005 et 2023

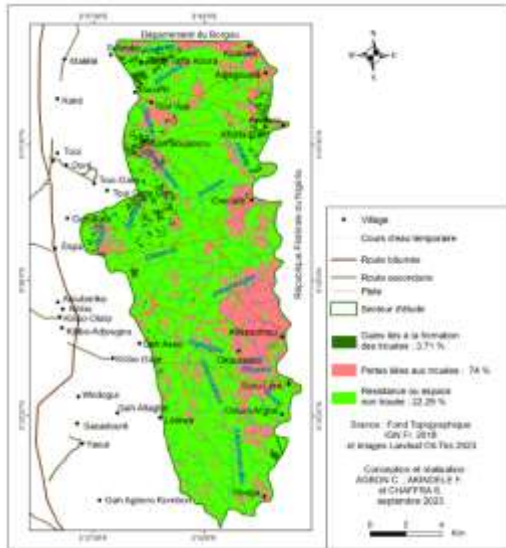


D'après la figure 5, les trouées occupaient 16.34 % de la superficie de la commune en 2005 soit 6268 ha, ce qui a considérablement augmentée jusqu'à 11334 ha en 2023. Elles sont observées au nord-ouest en 2005 et en 2023, elles ont bien évolué à l'est jusqu'au sud-est.

3.3. Dégradation de la forêt classée

L'évolution de la forêt a regroupé les gains, les pertes, les résistances, les dégradations, les améliorations, les baisses de la biomasse, les déforestations et les reconstitutions par rapport aux ouvertures (figure 6).

Figure 6. Gain, perte et résistance des unités d'occupation du sol



Il ressort de l'examen de la figure 6 que les écosystèmes de la forêt ont subi d'énormes pertes (74 %) qui ont causé les ouvertures. En effet, toutes les formations naturelles hormis les forêts et savanes marécageuses ont connu des pertes durant cette période soit 8507 ha de superficies perdues.

Le tableau IV présente superficies perdues, gagnées et résistantes aux activités anthropiques.

Tableau IV. Evolution des écosystèmes ; gains, pertes et résistance

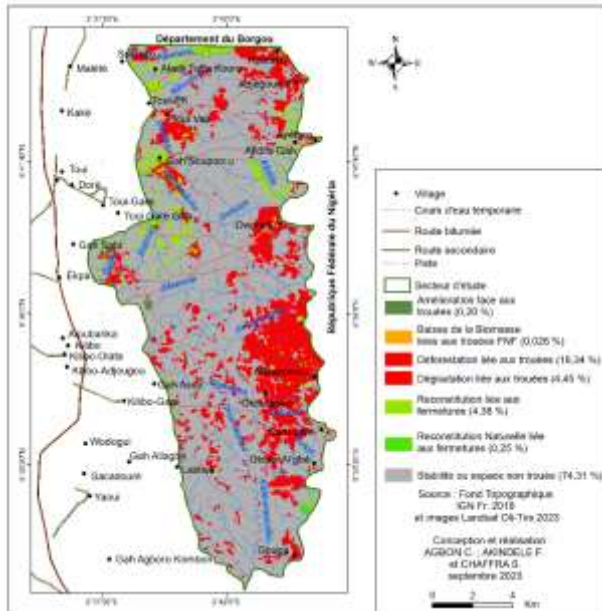
Unités	Fermeture des trouées (Gain)	Perte liée aux trouées	Espaces non trouée (Résistance)
Forêt dense	0	95,88	0,29
Forêt galerie	0	12,64	782,23
Forêt claire savane boisée	174	2291	2001,1

Formation marécageuse	1	0	1,30
Savane arbustive et arborée	1867	6107,5	20210
Plantation fruitière	12	0	0
Plantation forestière	1388	0,66	580,27
Culture et jachère	6384	1373,9	4501,3
Plan d'eau	0	0	6,04
Habitation	56	0	28,80
Surface rocheuse	0	0	364,35

Source : *Landsat TM 2005 et Landsat Oli-Tirs 2023*

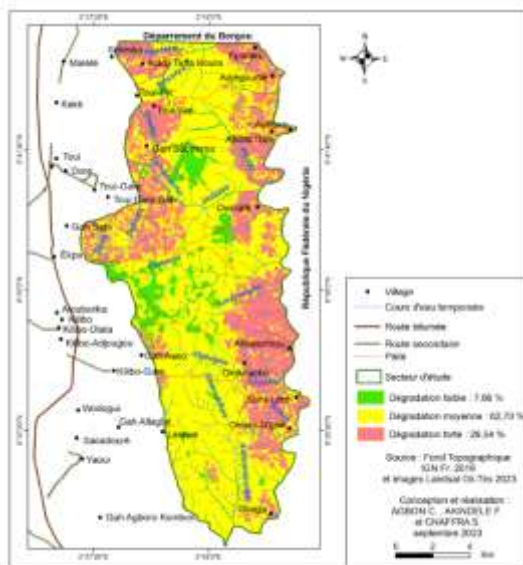
Les forêts denses, les forêts galeries et formations ripicoles ont connu des pertes liées aux trouées et n'ont rien gagné pour leur fermeture mais elles ont résisté respectivement de 0,29 ha et de 782,23 ha chacune. En effet, les formations naturelles ont perdu 8507,02 ha contre 1374,55 ha pour les formations anthropiques. En ce qui concerne les gains, les formations naturelles n'ont gagné que 2042 ha pour combler les ouvertures causées par les trouées. Les savanes arborées et arbustives ont enregistré des gains élevés. Dans la forêt, la superficie totale des formations ayant régressé est de 9881,58 ha avec 2042 ha de gain et une résistance de 28475,68 ha. La figure 7 présente les différentes conversions des écosystèmes de la forêt.

Figure 7 : Différentes conversions des écosystèmes de la forêt



Les espaces qui ont connu des déforestations (16,34 %) et dégradations (4,5 %) sont concentrées dans les zones de trouées. Cependant, malgré cette dégradation causée par les trouées, les écosystèmes de la forêt ont connu une résistance de 74,31 % de la superficie totale. La figure 8 présente la synthèse de la dégradation des écosystèmes de la forêt.

Figure 8. Dégradation des écosystèmes de la forêt



L'observation de la figure 8 montre que trois niveaux de dégradation sont identifiés dans la forêt. La dégradation faible (7,66 %) concerne les forêts denses, les forêts claires et les forêts et savanes marécageuses. Avec 62,70 % la dégradation est moyenne au niveau des plantations et des savanes arborées et arbustives alors qu'elle est forte (29,54 %) au niveau des zones de cultures, les agglomérations et les surfaces rocheuses qui constituent également les principales causes des ouvertures observées dans la forêt.

4. Discussion

Le Bénin dispose de 58 massifs forestiers dont 46 forêts classées (Sokpon, 1998 cité par Dissou, 2018 :330). Le classement de ces massifs forestiers n'a pas empêché la régression de leurs écosystèmes. Plusieurs auteurs ont mené des travaux sur la dynamique de ces massifs forestiers classés. Ils se raccordent sur les faiblesses des outils de gestion, les rythmes et les facteurs de régression. Les facteurs de régression sont toujours l'extension des aires agricoles, l'exploitation forestière clandestine, la carbonisation etc. Les résultats d'Ahononga *et al.*

(2020 :36), ont montré qu'entre 2005 et 2015, les forêts classées du nord du Bénin ont été plus dégradées que les forêts non classées alors qu'à l'inverse la déforestation a surtout affecté le domaine non classé. L'analyse diachronique de l'occupation du sol réalisée dans la forêt classée de Toui-Kilibo par Igué *et al.* (2010 :113), a montré qu'entre 1975 et 2003, les formations naturelles ont régressé au profit des plantations, des agglomérations, de l'extension des zones de cultures. Pour les auteurs, les causes de cette régression sont les défrichements, les coupes de bois, la fabrication de charbon de bois et au surpâturage. Ces résultats confirment ceux de la présente recherche. Les auteurs n'ont pas montré que la régression de ces écosystèmes naturels commence par la fragmentation et des trouées que cette recherche a prouvé. Ces trouées dans la forêt classée de Toui-Kilibo ont été cartographiées avec l'image Landsat Oli-Tirs 2023 et complétées par les travaux de terrain. La cartographie des trouées basées sur l'analyse de la texture de l'image réalisée avec Landsat Oli-Tirs 2023 permet de mettre en évidence les zones de sol nu ou d'interruption du couvert forestier. Bien qu'on constate certaines confusions entre les classes d'occupation du sol, les résultats montrent une faible erreur de commission et d'omission. Ainsi, l'interprétation a permis de différencier onze (11) classes d'occupation du sol. Ces classes sont représentées par la (forêt dense, forêt galerie et formation ripicole, forêt claire et savane boisée, savane arborée et arbustive, plantation forestière, plantation fruitière, culture et jachère, plan d'eau, agglomération et surface rocheuse). Ces travaux confirment également les travaux de (Ahononga *et al.*, 2020 :47) et (Konko *et al.*, 2020 :60). Une étude réalisée au Togo par Konko (2016 :7) sur l'évolution des ressources forestières communautaire avec l'apport de la télédétection et des SIG a aussi révélée une régression des formations naturelles au profit des formations anthropiques. Ainsi, les forêts denses, les forêts galeries et formations ripicoles, les forêts claires et savanes boisées et les savanes arborées arbustives ont perdu respectivement 96 ha ; 13 ha et 2291 ha et 6107 ha de leurs superficies pendant cette période. Les cultures et jachères ont gagné 6384 ha de superficie durant la même période. Ces résultats sont conformes à ceux de N'Bessa (2017 :7) dans l'arrondissement de Kaboua (Commune de Savè) qui ont montré que de 1994 à 2016, les forêts galeries, les forêts denses, les savanes arborées et arbustives ont connu une régression de leurs superficies soit respectivement 1,33 % ; 2,4 % ; 4,5 %, tandis que les cultures et jachères

ainsi que les agglomérations ont connu une augmentation de leurs superficies de 7,62 % et 13,79 % respectivement. Plusieurs auteurs sont parvenus à la même conclusion et ont montré que les mosaïques de champs et jachères ont connu une augmentation de leurs superficies. De même, Houndagba et *al.* (2007 :6), ont montré que la forêt classée de l'Ouémé-Boukou a subi une forte régression des formations végétales aux dépens de formations anthropiques. L'analyse des résultats ont montré qu'il y a une forte régression des formations naturelle au profit des formations anthropiques. Pour remédier à cela, l'application des lois et des décrets ainsi qu'une surveillance régulière sont nécessaires pour une bonne gestion de ces écosystèmes.

Conclusion et suggestions

Cette recherche a présenté la dégradation à partir des trouées observées dans la forêt classée de Toui-Kilibo sur une période de 16 ans. Pour ce faire, des données provenant des images satellitaires Landsat TM 2005 et Landsat Oli-Tirs 2023 et des enquêtes ont été utilisées. Au total, 339 trouées dont la superficie varie entre 1 à 2248 ha occupent une bonne partie des formations naturelles de la forêt soit 29,54 % de la superficie totale. Les causes de ces ouvertures sont d'ordre naturel et anthropique. L'approche de la numérisation à l'écran et de traitement des données dans un environnement SIG ont permis de mettre en exergue les différents changements qu'ont connu les unités d'occupation du sol. Ce qui a permis d'analyser la vulnérabilité liée aux trouées.

Les résultats de la dégradation des écosystèmes de la forêt montrent donc que les formations naturelles ont connu une régression de leurs superficies au profit des formations anthropiques de 2005 à 2023. A partir des résultats de cette recherche, les suggestions de la conservation de cette forêt sont proposées. Au vu de tout, il faut :

- faire l'inventaire des trouées pour connaître les espèces d'arbre détruites par les activités anthropiques afin de proposer un plan de reboisement ;
- réaliser des actions de conservation de la forêt ;
- promouvoir les activités d'apiculture, de pisciculture, d'aviculture et de maraîchage pour les populations riveraines ;
- promouvoir la gestion locale en mettant en place des structures de gestion traditionnelle ;

- mettre en place des structures de contrôle et de surveillance des mesures de restauration.

Bibliographie

Ahononga Fiacre Codjo, Gouwakinnou Gérard Nounagnon, Biaou amadori Sorotori Honoré et Biaou Séverin (2020) « Vulnérabilité des terres des écosystèmes du domaine soudanien au Bénin de 1995 à 2015 ». *Bois et Forêts des Tropiques*, 346 :35-50.

<https://doi.org/10.19182/bft2020.346.a36295>.

Direction Générale des Eaux, Forêts et Chasses (2016) Annuaire des statistiques forestières « Rapport d'étude », 78 p.

Dissou Essin Florent, Adjakpa Jacques Boco, Tchabi Isidore vincent, Toundoh Paul Oluwafèwa et Obossou Frida Kobayé (2018) « Caractéristiques écologiques de la galerie forestière de la rivière kossi dans les communes de Dassa-Zoumè et Glazoué au centre-Bénin » *European Scientific Journal*, 14 (21) :330-346.

<https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p329>.

Glèlè Kakaï Romain, Akpona T. Jean Didier, Assogbadjo Achille Ephrem, Gaoué G. Orou, Chakeredza Sébastien, Gnangle Paul Césaire, Mensah Lakayi Georgia et Sinsin Brice (2011) « Ecological adaptation of the shea butter tree (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn.) along climatic gradient in Bénin, West Africa » *African Journal of Ecology* 49 (0) : 440-449.

Igué Attanda Mouinou, Houndagba Cossi Jean, Worou Rebecca, Gaisser Thomas, Mensah Guy Appolinaire et Stahr Karl (2010) « Aspects de la dynamique de l'occupation du sol et du projet d'aménagement participatif de la forêt classée et Toui-kilibo au Bénin » *Rev. Sc. Env. Univ., Lomé (Togo)*, 2010, n°6, pp : 113-219.

Konko Yawo, Afelu Bareremna et Kokou Kouami (2020) « Potentialité des données satellitaires Sentinel-2 pour la cartographie de l'impact des feux de végétation en Afrique tropicale : application au Togo » *Bois et Forêts des Tropiques*, 347: 59-75.

Konko Yawo (2016) « *Apport de la télédétection et des SIG à la gestion intégrée des ressources forestières communautaires dans la base vallée du Mono (Sud-Est-Togo)* » Mémoire de DESS de l'ERAIFT Université de Kinshasa, RDC, 94 p.

Leuwen Lucien, 1835. La Bibliothèque électronique du Québec, Collection à tous les vents Volume 377 : version 1.01, 578 p.

Mbock Germain, Tjomb Danièle, Mbevo Ferdoung Philippes et Akamba Gilles Yvan (2018) « Utilisation des SIG mobiles et l'outil vertex dans la gestion forestière : une application dans la forêt de l'école nationale des eaux et forêts de Mbalmayo Using mobile GIS and the vertex tool in forest management : an application in the forest of the Mbalmayo » *International Journal of Geomatic, Planning and Ressources Managment, Vol. 3.2018, pp :133-230.*

N'Bessa K. Robert (2017) « Organisations paysannes et gestion des terroirs villageois dans l'arrondissement de Kaboua dans la commune de Savé » Mémoire de Maîtrise du Département de Géographie et Aménagement du Territoire de l'Université d'Abomey-Calavi, 86 p.

Oussen Arouna, Eténé Cyr Gervais et Issiako Djibrilla (2017) « Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin » *Journal of Applied Biosciences, 108 (1) :10543-10552.*
[https://doi.org/10.4314/jab.v108i1.7.](https://doi.org/10.4314/jab.v108i1.7)

Ortega Mabel, Castro David Bermudez, Happ Patrick Nigri, Gomes, A., and Feitosa Raul (2019) « Evaluation of deep learning techniques for deforestation detection in the amazon forest » *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., IV-2/W7, 121–128,*
[https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W7-121-2019.](https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W7-121-2019)

Kawtar Fikri Benbrahim, Mohammed Ismaili, Sanae Fikri Benbrahim et Abdellatif Tribak (2004) « Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation : impact du phénomène au Maroc » *Sécheresse, 15 (4) : 307-320.*
[https://www.researchgate.net/publication/230814843_Problemes_de_degradation_de_l'environnement_par_la_desertification_et_la_deforestation_Impact_du_phenomene_a_Maroc.](https://www.researchgate.net/publication/230814843_Problemes_de_degradation_de_l'environnement_par_la_desertification_et_la_deforestation_Impact_du_phenomene_a_Maroc)