

Evaluation de la déforestation et de la dégradation des forêts dans les aires protégées du Bénin

Soufouyane ZAKARI¹, Sébastien KOUTA^{1*}, Matilo OROU AUGUSTIN², Mama DJAOUGA¹, Ousséni AROUNA^{1,3} et Ismaïla TOKO IMOROU¹

¹ *Université d'Abomey-Calavi (UAC), Laboratoire de Cartographie (LaCarto)*

² *Direction Générale des Eaux, Forêts et Chasse (DGEFC)*

³ *Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM)*

(Reçu le 05 Août 2021 ; Accepté le 18 Novembre 2021)

* Correspondance, courriel : sbastienkouta@gmail.com

Résumé

L'objectif de la présente recherche est de quantifier la déforestation et la dégradation de cinq aires protégées du Bénin. La méthodologie utilisée repose sur la classification supervisée des images Landsat ETM de 2000 et OLI/TIRS de 2018 par maximum de vraisemblance. Un contrôle-terrain a été effectué à travers 410 points GPS. Les taux de conversion, de dégradation, de déforestation, de reconstitution et d'amélioration ont été calculés. Les résultats montrent une diminution de la superficie (129473 ha) des formations forestières naturelles dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (RBTW) au profit des formations anthropiques entre 2000 et 2018. Les mêmes tendances s'observent en zone de transition soudano-guinéenne dans la forêt classée de l'Ouémé Supérieur et celle de Wari-Marou. Par ailleurs, les plantations ont perdu 688,03 ha dans la forêt classée de la Lama. Les taux nets de dégradation et de déforestation dans l'ensemble des aires protégées sont respectivement de 1,85 % et de 0,12 %. On note par ailleurs, une amélioration de 0,13 % du couvert végétal et une reconstitution naturelle de 0,07 % par an. Les résultats de cette recherche permettront aux décideurs politiques et aux institutions en charge de la gestion forestière de mieux connaître les zones de dégradation et de prendre les mesures de restauration de ces écosystèmes sources d'approvisionnement des services écosystémiques pour les populations riveraines.

Mots-clés : *dégradation forestière, déforestation, aires protégées, données de télédétection, Bénin.*

Abstract

Assessment of deforestation and forest degradation in Benin's protected areas

The objective of this research is to quantify deforestation and degradation in five protected areas in Benin. The methodology used is based on supervised classification of Landsat ETM images from 2000 and OLI/TIRS images from 2018 by maximum likelihood. A field check was carried out using 410 GPS points. Conversion, degradation, deforestation, recovery and improvement rates were calculated. The results show a decrease in the area (129473 ha) of natural forest formations in the W Transfrontier Biosphere Reserve (WTBR) in favour

of anthropogenic formations between 2000 and 2018. The same trends can be observed in the Sudano-Guinean transition zone in the classified forest of Ouémé Supérieur and Wari-Marô. On the other hand, plantations lost 688.03 ha in the Lama classified forest. The net rates of degradation and deforestation in all protected areas are 1.85 % and 0.12 % respectively. There is also a 0.13 % improvement in vegetation cover and a natural recovery of 0.07% per year. The results of this research will enable policy makers and institutions in charge of forest management to gain a better understanding of degradation areas and to take measures to restore these ecosystems, which are sources of ecosystem services for the local populations.

Keywords : *forest degradation, deforestation, protected areas, remote sensing data, Benin.*

1. Introduction

Entre 1990 et 2015, le couvert forestier terrestre est passé de 31,6 % à 30,6 % dans le monde entier alors qu'en Afrique subsaharienne, il est passé de 30,6 % à 27,1 % [1]. Cette réduction de la couverture végétale terrestre est due en partie à la déforestation et à la dégradation forestière. La dégradation de la forêt est un changement de sa structure et de la composition floristique et faunistique, ce qui conduit à une perte de biodiversité, de production de biens et de services et à un accroissement de la vulnérabilité aux aléas climatiques et aux incendies [2]. La déforestation est un phénomène environnemental qui peut avoir un impact négatif sur l'écosystème de la terre [3, 4]. Elle constitue une menace pour la diversité spécifique, notamment celle des forêts tropicales. Actuellement, 4,3 % des surfaces forestières sont anéanties chaque année [5]. Les zones tropicales sont les espaces les plus atteints par la déforestation ces dernières décennies. Elles laissent la place à l'agriculture, à des infrastructures (barrages, voies de communication, etc.), à des mines et à l'urbanisation [6]. Les changements d'affectation des terres perturbent directement la bonne fourniture des services écosystémiques tels que la production de nourriture et de bois, la régulation de l'eau, l'atténuation des catastrophes naturelles et même la capacité des écosystèmes à séquestrer du carbone [7 - 9]. Au Bénin, les forêts sont dans un état de dégradation avancée mettant ainsi en péril la stabilité des écosystèmes et entraînant de ce fait le phénomène de la déforestation dans le pays [10]. La déforestation est le passage de la classe d'occupation forêt vers une autre forme d'occupation le plus souvent anthropique (champs, plantation, urbanisation, etc.) ou une perte d'au moins dix pour cent du couvert forestier sur le long terme [11]. Cette déforestation survient lorsque des surfaces de forêt sont définitivement perdues (ou au moins perdues sur le long terme) au profit d'autres usages comme l'agriculture, l'urbanisation ou les activités minières [10].

En effet, l'exploitation sans contrôle des écosystèmes forestiers à des fins agricoles, impriment une forte dynamique à l'occupation du sol et à l'utilisation des terres [12]. Ces pratiques dégradantes résultent des besoins socio-économiques d'une population à forte croissance et d'une urbanisation rapide [13, 14]. La perte de surface forestière s'accompagne naturellement d'une réduction de la biodiversité et même de la disparition de certaines espèces inféodées à ces habitats et jusque-là non identifiées [15]. Les phénomènes de déforestation et de dégradation forestière participent à l'érosion d'une bonne partie de la biodiversité. Des stratégies telles que les mécanismes de réduction des émissions de gaz à effet de serre ont été élaborées pour renforcer les efforts de conservation de la biodiversité et d'atténuation des variabilités climatiques. Bien que ces efforts considérables soient faits, il reste cependant des aspects à élucider pour affiner la compréhension de la dégradation forestière et la déforestation pour la préservation durable de la biodiversité et la fourniture des services écosystémiques rendus aux communautés. Cette recherche vise globalement à contribuer à une meilleure connaissance de la déforestation et de la dégradation forestière ces 20 dernières années dans les aires protégées du Bénin. Spécifiquement, elle vise à analyser la dynamique de l'occupation des terres dans ces protégées afin de fournir aux décideurs des données pertinentes sur l'état de ces écosystèmes.

2. Matériel et méthodes

2-1. Cadre géographique de la recherche

La présente recherche s'est déroulée dans cinq (5) aires protégées du pays que sont : la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W, les forêts classées de l'Alibori Supérieur, de Wari-Marou, des Monts Kouffé et de la Lama. La Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (RBTW) est localisée à l'Extrême nord-ouest du Bénin dans la région soudanienne. Elle jouit d'un climat de type soudanien marqué par deux saisons contrastées. Quant aux forêts classées de l'Alibori Supérieur, de Wari-Marou et des Monts Kouffé, elles sont localisées au Centre du Bénin dans la zone de transition soudano-guinéenne [16] qui est caractérisée par un climat de type tropical sec avec une fusion presque complète des deux pics pluviométriques [17]. En ce concerne la forêt classée de la Lama, elle est localisée au Sud-Bénin dans la région guinéo-congolaise où règne un climat de type subéquatorial avec un régime pluviométrique bimodal. L'ensemble de ces aires protégées sont réparties dans trois différentes subdivisions phytogéographiques (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Aires protégées prises en compte par la recherche

Subdivision phytogéographique	Aire protégée	Latitude	Longitude	Superficie (Ha)
Région soudanienne	Réserve de Biosphère Transfrontalière du W	11°20'N - 12°23'N	2°04'E - 3°05'E	563 288
Zone de transition soudano-guinéenne	Forêt classée de l'Ouémé Supérieur	9°11'N - 9°47'N	1°58'E et 2°28'E	177 542
	Forêt classée de Wari-Marou	8°50'N - 9°10'N	1°55'E - 2°25'E	107 500
	Forêt classée des Monts-Kouffé)	8°25'N - 8°50'N	1°40'E - 2°15'E	180 300
Région guinéo-congolaise	Forêt classée de la Lama	6°55'N - 7°00'N	2°4'E - 2°12'E	16.250

Sources : [16] [18]

Les périphéries de ces aires protégées sont surtout utilisées à fins agricoles par les populations riveraines. La *Figure 1* montre la localisation du secteur d'étude.

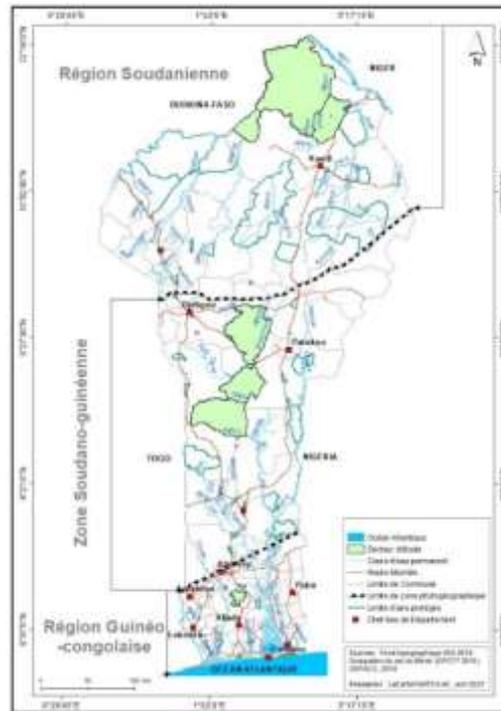


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude

2-2. Méthodes

La déforestation et la dégradation des forêts sont évaluées à l'aide d'outils de télédétection à haute résolution spatiale [19]. La détection directe des processus de perturbation conduisant à la dégradation se concentre sur l'analyse de l'état du couvert forestier via la détection des changements de l'occupation des terres [20].

2-2-1. Données planimétriques

Les données planimétriques utilisées dans le cadre de cette recherche sont des images satellitaires Landsat ETM de 2000 et Landsat OLI/TIRS de 2018 téléchargées sur le site américain www.earthexplorer.usgs.gov. Ces images ont subi un traitement numérique ayant abouti à la cartographie de l'occupation des terres.

2-2-2. Traitement numérique des images satellites

L'algorithme de classification selon le maximum de vraisemblance [21] a été appliqué à tous les pixels des images sur base des paramètres statistiques décrivant chaque signature spectrale obtenue. Cette méthode a l'avantage de fournir à chaque pixel, en plus de la classe à laquelle il a été affecté, un indice de certitude lié à ce choix [22]. Ce traitement numérique comprend : la composition colorée, le choix des aires d'entraînement et la classification supervisée par maximum de vraisemblance. La taille de l'aire d'entraînement est supérieure à l'erreur de localisation et inférieure à l'objet à détecter. Elle a été estimée de la façon suivante :

$$A = P (1 + 2L) \quad (1)$$

avec A = la superficie de l'aire d'entraînement ; P = dimension du pixel en mètre ; L = précision de la localisation en mètre.

La classification supervisée selon le maximum de vraisemblance a été ensuite réalisée pour toutes les scènes d'images couvrant tous les secteurs des aires protégées. Les parcelles d'entraînement ont été utilisées pour établir une caractéristique numérique clé pouvant décrire au mieux les attributs spectraux pour chaque type de classe. Une mission de contrôle terrain et d'évaluation de la cartographie de l'occupation des terres des aires protégées a été effectuée. Elle a consisté à vérifier les classes de pixels issues de la classification. Les classes de pixels à vérifier sur le terrain ont été déterminées à partir de la méthode d'échantillonnage proportionné à 1 degré avec un taux d'échantillonnage t compris entre 5 % et 20 % [23]. Le **Tableau 2** présente la synthèse des points de contrôle par type d'unité d'occupation des terres et par aire protégée.

Tableau 2 : Synthèse des points de contrôle par type d'unité d'occupation des terres et par aire protégée

Unités d'occupation des terres	Aires protégées					Total
	RBTW	MK	WM	OS	LM	
FGFR	0	8	9	4	0	21
FDS	0	0	0	0	12	12
FDS	0	9	1	4	0	14
FDSDD	0	0	0	0	10	10
FC	0	10	2	9	0	21
SB	19	20	15	10	0	64
SA	33	14	22	23	0	92
Sa	75	10	16	15	0	116
CJ	2	0	3	7	14	26
PT	0	6	3	4	21	34
Total	129	77	71	76	57	410

FGFR : Forêt galerie et formation ripicole ; FDS : Forêt dense sèche ; FDSDD : Forêt dense semi-décidue ; FDSDD : Forêt dense semi-décidue dégradée ; FC : Forêt claire ; SB : Savane boisée ; SA : Savane arborée ; Sa : Savane arbustive ; CJ : Culture et jachère ; PT : Plantation ; OS : Ouémé Supérieur ; MK : Monts Kouffé ; LM : Lama ; WM : Wari-Marou et RBTW : Réserve de Biosphère Transfrontalière du W

Il ressort du **Tableau 2** que 410 points ont été vérifiés sur le terrain avec 116 dans les savanes arbustives et seulement 10 dans les forêts denses semi-décidues dégradées. Ce dernier type de formation est particulier à la forêt classée de la Lama. Pour faciliter les analyses, les classes d'occupation des terres ont été regroupées en trois grandes formations notamment les « Formations forestières naturelles », les « Plantations » et les « Autres formations non forestières ».

2-2-3. Méthodes d'évaluation de la déforestation et de la dégradation des forêts

2-2-3-1. Taux de conversion

Le taux de conversion d'une classe d'unité paysagère correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes [24]. C'est alors la quantité de changements observés au niveau d'une unité paysagère entre les dates t_1 et t_2 . Il permettra ainsi de mesurer le degré de conversion d'une unité donnée en d'autres unités paysagères. Il s'obtient à partir de la matrice de transition suivant la **Formule** :

$$T_c = \frac{S_{it} - S_{is}}{S_{it}} \times 100 \tag{2}$$

T_c : Taux de conversion ; S_{it} : Superficie de l'unité paysagère i à la date initiale t ; S_{is} : Superficie de la même unité demeurée stable à la date t_1 .

2-2-3-2. Taux de déforestation

La déforestation brute est obtenue par la somme des conversions de la catégorie " « formations forestières naturelles » en catégories « cultures et jachères ». Une classe de reconstitution naturelle a été distinguée, ce qui a permis de calculer un taux de déforestation net en soustrayant la reconstitution naturelle de la déforestation brute. Le taux annuel de déforestation a été obtenu en divisant le taux de déforestation par la différence de temps [25].

$$Tg(Def) = \frac{Def \times 100}{S_1} \quad (3)$$

$Tg(Def)$: Taux de déforestation ; $D_e(b; n)$ est la déforestation brute (b) ou nette (n) et S_1 représente la superficie des terres forestières naturelles de l'année t_1 .

2-2-3-3. Taux de dégradation

La dégradation brute par contre est obtenue par la somme des transitions de la catégorie «formations forestières naturelles » en «formations forestières naturelles » clairsemée (plus ouverte) diminuant sa capacité de production des biens et services et surtout de séquestration du carbone [25]. Le taux global de dégradation $Tg(Dg)$ est calculé par la **Formule** suivante :

$$Tg(Dg) = \frac{Dg \times 100}{S_1} \quad (4)$$

$Dg (b; n)$ est la dégradation brute (b) ou nette (n) et S_1 représente la superficie des formations forestières naturelles de l'année t_1 .

2-2-3-4. Taux de reconstitution naturelle

La reconstitution est la transition des cultures et jachères en formations forestières naturelles. Le taux global de reconstitution naturelle $Tg(Rn)$ est obtenu par la **Formule** suivante [25] :

$$Tg(Rn) = \frac{Rn \times 100}{S_1} \quad (5)$$

Rn est la reconstitution naturelle totale enregistrée dans la période et S_1 représente la superficie des terres forestières naturelles de l'année t_1 .

2-2-3-5. Taux d'amélioration

L'amélioration est la conversion d'une terre forestière ouverte à une terre forestière plus fermée ou dense [25]. Son taux global $Tg(Am)$ est :

$$Tg(Am) = \frac{Am \times 100}{S_1} \quad (6)$$

Am est l'amélioration totale enregistrée dans la période et S_1 représente la superficie des formations forestières naturelles de l'année t_1 . Le taux annuel a été obtenu en divisant le taux global par le nombre d'années d'étude.

3. Résultats

3-1. Dynamique de l'occupation des terres dans les aires protégées du Bénin

Les résultats de la classification des différentes images ont permis de cartographier la dynamique de l'occupation des terres dans les aires protégées du Bénin entre 2000 et 2018 (*Figure 2*).

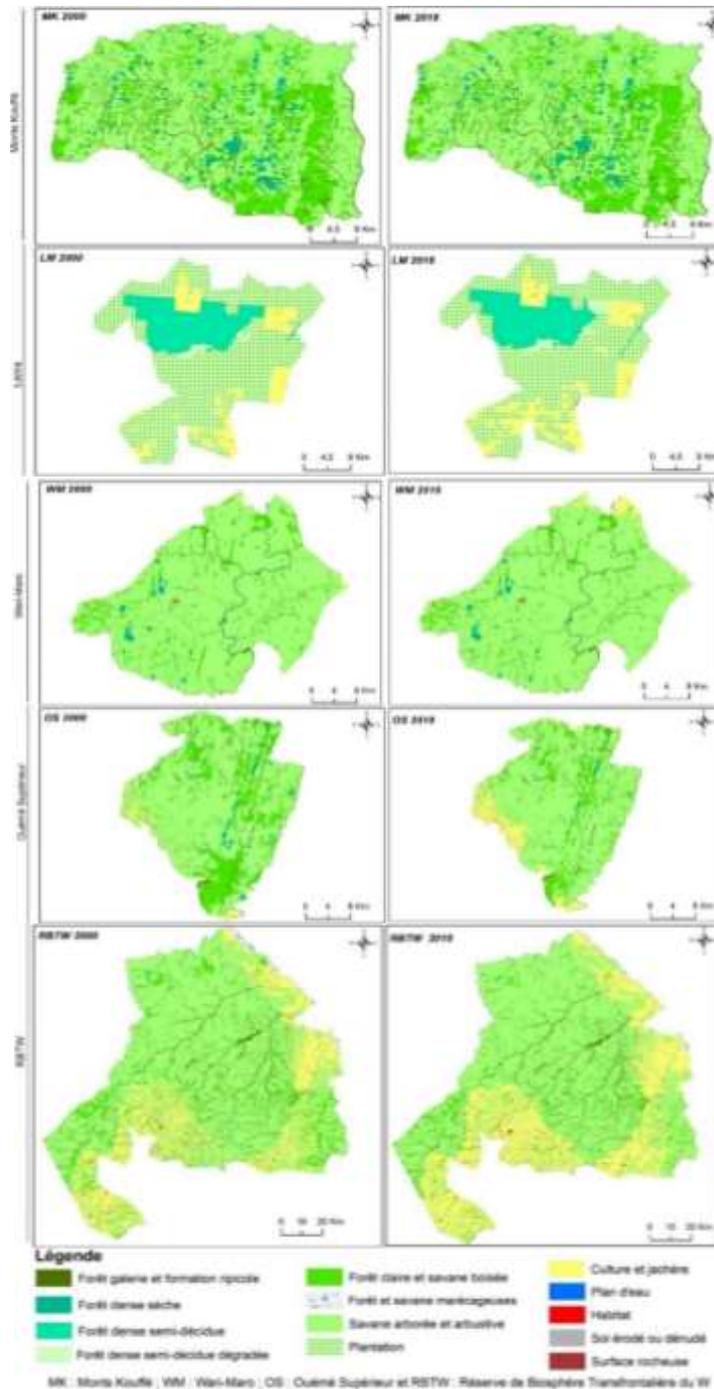


Figure 2 : Etat de l'occupation des terres dans les aires protégées du Bénin en 2000 et 2018

Source : images Landsat ETM de 2000 et ; OLI/TIRS de 2018 et travaux de terrain 2018

L'analyse diachronique des cartes d'occupation des terres des aires protégées du Bénin montre une diminution des formations forestières naturelles notamment les forêts denses sèches, les forêts claires et savanes boisées, les galeries forestières et les savanes arborées et arbustives d'une part et une augmentation des cultures et jachères, des plantations et des agglomérations d'autre part. Ces changements sont beaucoup plus observés dans la RBTW, les forêts classées de l'Ouémé supérieur et de Wari-Marou. On note par ailleurs dans la forêt classée de la Lama une conversion des plantations en cultures et jachères (665,55 ha).

3-2. Matrices de conversion des unités d'occupation des terres entre 2000 et 2018

Les matrices de conversion sont analysées en fonction des régions phytogéographiques. Le **Tableau 3** présente la matrice de conversion de la RBTW.

Tableau 3 : Matrice de conversion des aires protégées de la région soudanaise (RBTW)

Occupation du sol 2000	Occupation du sol 2018											Total 2000	Perte
	FGFR	FD	FCSB	FSM	SASa	PT	CJ	PE	HA	SR	SED		
FGFR	50910	0	0	0	0	72	4789	36	0	0	0	55807	4897
FD	0	684	396	0	72	0	0	0	0	0	0	1152	468
FCSB	0	0	44574	0	22431	0	6445	0	0	0	0	73449	28876
FSM	0	0	0	3132	0	0	3961	36	0	0	0	7129	3997
SASa	0	0	1980	0	781479	0	87167	0	144	0	1944	872714	91236
PT	0	0	0	0	0	684	0	0	0	0	0	684	0
CJ	0	0	0	0	5437	252	216495	0	360	0	0	222544	6049
PE	0	0	0	0	0	0	0	3024	0	0	0	3024	0
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	1836	0	0	1836	0
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	180	0
SED	0	0	0	36	144	0	72	0	0	0	3852	4105	252
Total 2018	50910	684	46950	3168	809562	1008	318928	3096	2340	180	5797	1242625	
Gain	0	0	2376	3168	28084	324	102433	72	504	0	1944		

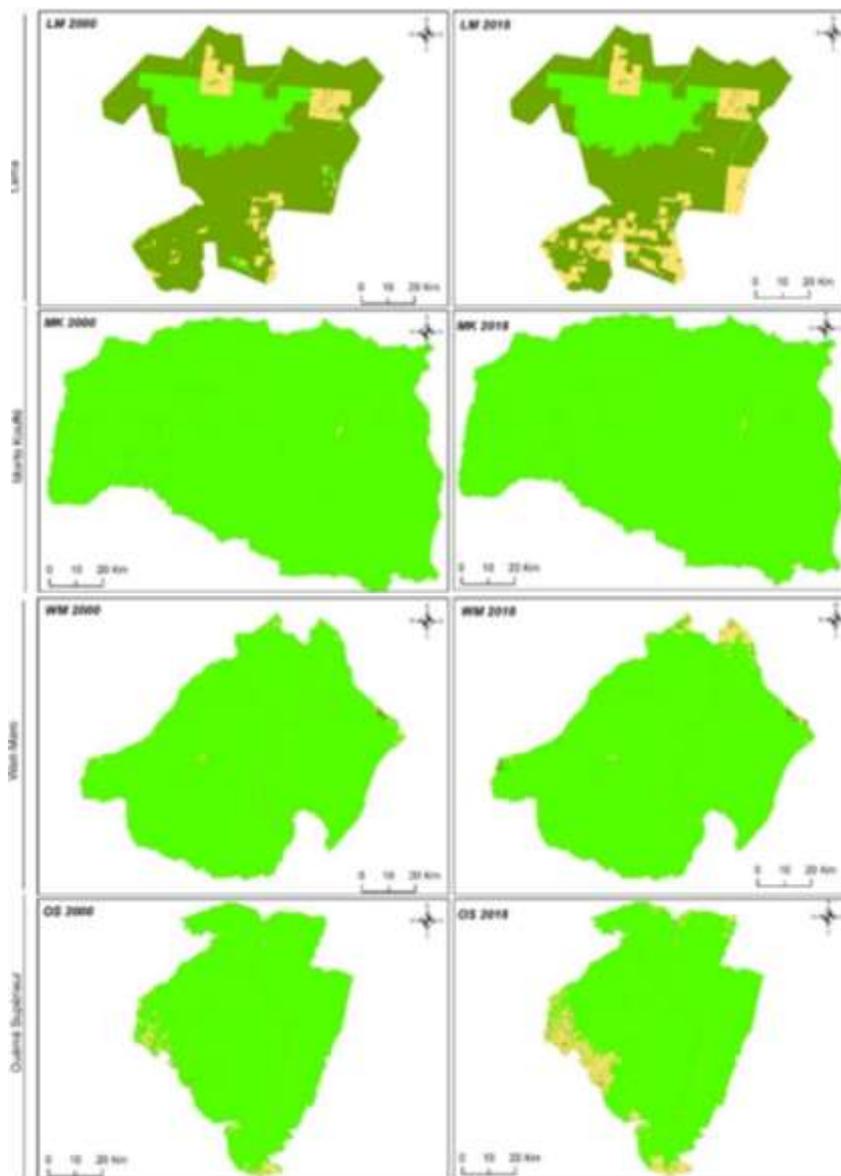
FGFR : Forêt galerie et formation ripicole, FD : Forêt dense, FCSB : Forêt claire et savane boisée, SASa : Savane arborée et arbustive, FSM : Forêt et savane marécageuses, PT : Plantation, CJ : Culture et jachère, PE : Plan d'eau, HA : Habitat, SR : Surface rocheuse, SED : sol érodé et dénudé.
Source : images Landsat ETM de 2000 et ; OLI/TIRS de 2018 et travaux de terrain 2018

Dans la région soudanaise on observe deux modes de conversion notamment la savanisation et l'anthropisation. Les forêts denses sèches ainsi que les forêts claires et savanes boisées subissent la savanisation. Ces unités ont perdu respectivement 468 et 28876 ha entre 2000 et 2018 dont 72 ha et 22431 ha se sont converties en savane. Par contre, les formations forestières telles que les forêts galeries et les formations ripicoles, les forêts et savanes marécageuses puis les savanes arborées et arbustives subissent l'anthropisation. Elles se sont converties en plantations, en cultures et jachères, en agglomération et en sol érodé et dénudé. Parmi les formations forestière naturelle, les savanes arborées et arbustives ont subi la plus grande perte entre 2000 et 2018 avec 91236 ha dont 87167 ha au profit des cultures et jachères, 144 ha en habitat humain et 1944 en sol érodé et dénudé. Par ailleurs, les cultures et jachères ont gagné 102433 ha entre 2000 et 2018. Entre 2000 et 2018 la zone de transition soudano-guinéenne a connu également une modification de son paysage. En effet, les formations forestières naturelles dans cette zone phytogéographique ont perdu respectivement 29539 ha dans la forêt classée de l'Ouémé Supérieur, 3014 ha dans la forêt classée de Wari-Marou et 4359 ha dans la forêt classée des Monts Kouffé. Par contre, les formations anthropiques ont gagné respectivement 11917 ha, 1922 ha et 15 ha en 18 ans.

Dans la région guinéo-congolaise (Lama), les conversions sont essentiellement constituées de l'anthropisation. Seules les forêts denses semi-décidues dégradées se sont converties en plantations forestières (environ 1 ha) entre 2000 et 2018. Ces plantations forestières ont perdu 688,03 ha pendant la même période. Elles se sont converties respectivement en cultures et jachères (665,55 ha) et en habitat humain (5,26 ha). Dans cette région les formations forestières naturelles ont perdu environ 180 ha de leur superficie tandis que celles anthropiques en ont gagné environ 700 ha.

3-3. Analyse des grandes catégories d'affectation des terres dans les aires protégées du Bénin

Pour mieux comprendre la dynamique dans ces aires protégées les différentes unités d'occupation des terres ont été regroupées en trois grandes catégories d'affectation des terres. Il s'agit des classes « formations forestières naturelles », « plantation » et « autres formations non forestières » (*Figure 3*).



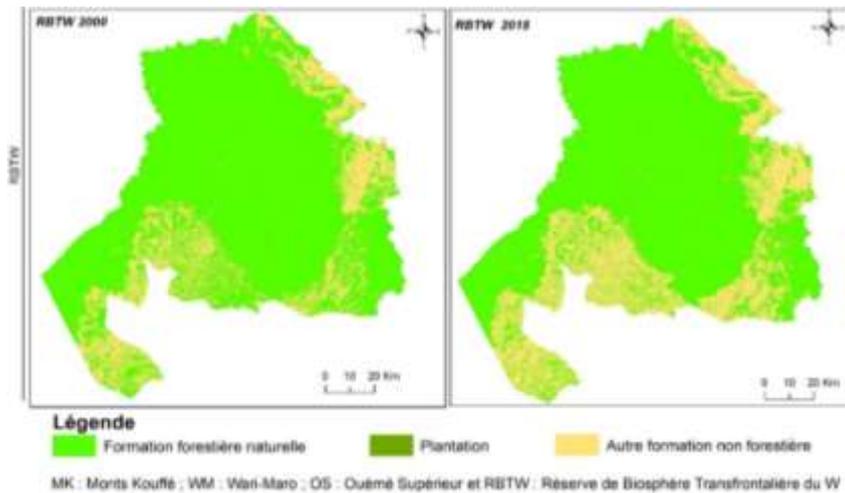
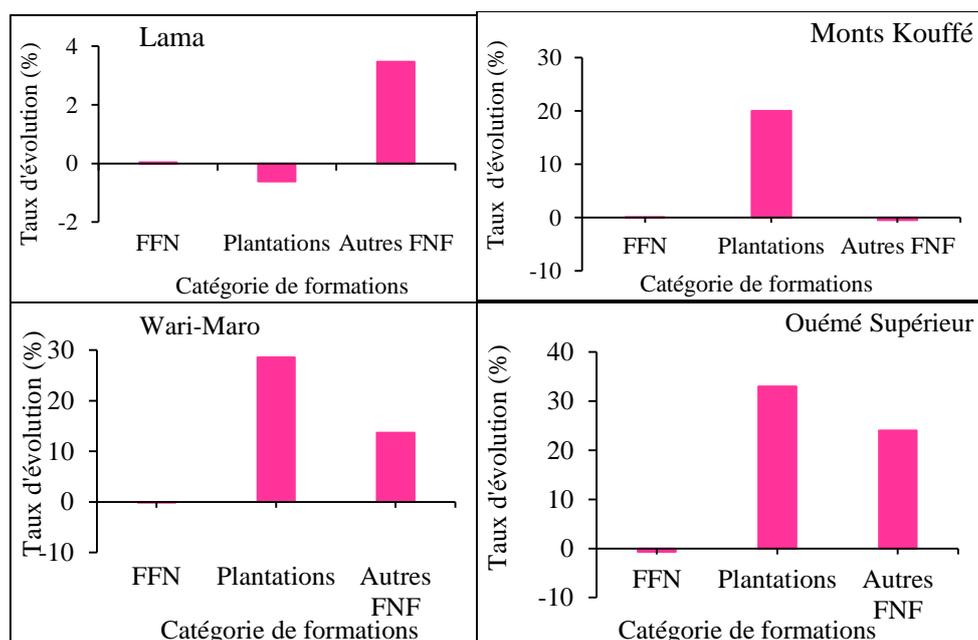


Figure 3 : *Dynamique des aires protégées par catégorie d'affectation des terres*
Source : *images Landsat ETM de 2000 et ; OLI/TIRS de 2018 et travaux de terrain 2018*

L'analyse des cartes des grandes catégories d'affectation des terres montre une homogénéité des formations forestières naturelles dans les forêts classées des Monts Kouffé, de Wari-Maró, de l'Ouémé Supérieur et une partie de la RBTW en 2000. Pendant la même période, on note dans la forêt classée de Lama, la domination des plantations autour du noyau constitué de la forêt dense semi décidue. En 2018, seule la forêt classée des Monts Kouffé garde encore cette homogénéité. On note par contre, une légère transformation des formations forestières naturelles vers les autres formations non forestières au nord de la forêt classée de Wari-Maró, à l'ouest et au sud de la forêt classée de l'Ouémé supérieur. La même tendance est observée dans la RBTW. Dans la forêt classée de la Lama, ce sont les plantations qui ont connu une fragmentation en 2018. Mais le noyau de cette aire protégée est conservé.

3-4. Evolution temporelle des catégories d'affectation des terres

La **Figure 4** présente l'évolution temporelle de ces types de formation.



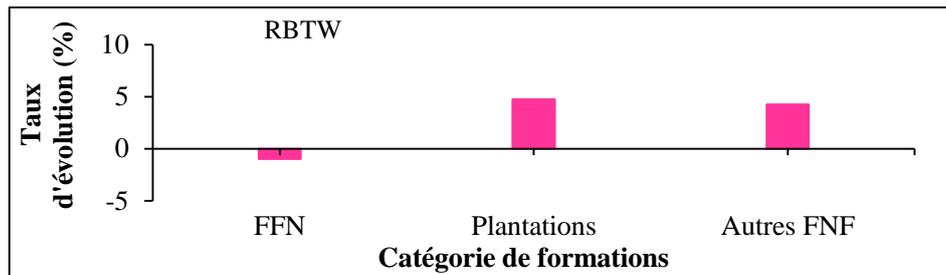


Figure 4 : Evolution temporelle par catégorie d'unité
 Source : Traitement d'images satellite et travaux de terrain, 2018

Il ressort de la **Figure 4** que le taux d'évolution des catégories d'occupation des terres varie d'une aire protégée à une autre. En effet, dans la RTBW, les formations forestières naturelles perdent respectivement 1 %, soit 9898 ha / an tandis que, les plantations et les autres formations non forestières évoluent avec un taux respectif de 4,74 % et 4,26 % et soit 32 ha et 9865 ha par an. Les formations forestières naturelles régressent de l'ordre de 0,67 % par an dans la forêt classée de l'Ouémé Supérieur, soit environ 1158 ha/an. Par contre, les plantations et les autres formations non forestières progressent respectivement de 33,01 % (101 ha) et 24,05 % (1057 ha) par an. Dans la forêt classée de Wari-Marou, on assiste à la même tendance avec une régression de 0,16 % des formations forestières naturelles et une augmentation des superficies des autres formations non forestières (28,54 %) et des plantations (13,69 %) respectivement de 134 ha et 37 ha par an. D'une part, dans les forêts classées des Monts Kouffé et de la Lama, on note, une augmentation des superficies des formations forestières naturelles de 2 ha par an. D'autre part, les plantations, perdent 0,61 %, soit 66 ha/an dans la forêt de la Lama, tandis qu'elles augmentent de 20 % soit 1 ha de superficie par an dans la forêt classée des Monts Kouffé. Globalement, entre 2000 et 2018, les superficies des formations forestières naturelles ont régressé tandis que les autres formations non forestières et les plantations ont connu une augmentation de leur superficie dans les aires protégées telles que la RBTW, l'Ouémé Supérieur et Wari-Marou. Dans les forêts classées de la Lama et des Monts Kouffé par contre, ces formations forestières naturelles ont connu une amélioration de leur superficie.

3-5. Dégradation et déforestation dans les aires protégées du Bénin

Le **Tableau 4** présente les taux de dégradation, de déforestation, d'amélioration et de reconstitution naturelle dans les aires protégées étudiées.

Tableau 4 : Taux de dégradation, de déforestation, d'amélioration et de reconstitution naturelle dans les aires protégées du Bénin

Taux	Aires protégées					Total (%)
	RBTW	OS	WM	MK	LM	
Dégradation nette	0,14	1,03	0,09	0,09	0,50	1,85
Déforestation nette	0,07	0,07	0,03	0,00	-0,05	0,12
Amélioration	0,04	0,00	0,01	0,07	0,00	0,13
Reconstitution naturelle	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,07

Source : Traitement d'images satellite et travaux de terrain, 2018

Le taux net de dégradation observé dans l'ensemble de ces aires protégées est relativement faible et est de 1,85 %. Ce taux est légèrement faible dans la forêt classée de l'Ouémé Supérieur (1,03 %) et très faible dans les forêts de Wari-Marou (0,09 %) et des Monts Kouffé (0,09 %). La RBTW et la forêt classée de la Lama ont connu un taux de dégradation respectif de 0,14 % et de 0,5 %. Le taux de déforestation net est relativement faible dans la RBTW (0,07 %), les forêts classées de Wari-Marou (0,03 %), de l'Ouémé Supérieur (0,07 %) et quasi nul dans les forêts classées des Monts Kouffé et de la Lama. Dans l'ensemble le taux de déforestation nette enregistré dans les aires protégées étudiées est de 0,12 % par an. Le taux de reconstitution naturelle et d'amélioration du couvert végétal dans ces aires protégées est respectivement de 0,07 % et de 0,13 % par an. Les **Photo 1 et 2** montrent quelques illustrations de la dégradation et de la déforestation dans les aires protégées du Bénin.



Photo 1 : Coupe sélective des espèces forestières dans la forêt classée de Wari-Marou
Prise de vue : LaCarto, novembre 2018

La **Photo 1** présente la coupe sélective des espèces végétales dans la forêt classée de Wari-Marou dans la zone de transition soudano-guinéenne. L'exploitation forestière entraîne la perte des arbres de grosses circonférences. Par ailleurs, la chute de ces grands arbres agit sur le sous-bois par la casse d'autres arbres, la casse de branches et la mort de jeunes plants ralentissant ainsi leur évolution vers le stade forestier.



Photo 2 : Végétation dévastée par le feu dans la zone cynégétique de la Djona (RBTW)
Prise de vue : LaCarto, novembre 2018

La **Photo 2** montre l'effet des feux de végétation sur la biodiversité végétale dans la RBTW. Les feux de végétation entraînent dans les aires protégées un nombre important d'arbres morts sur pied et détruit la régénération. La déforestation et la dégradation constituent une menace pour la diversité spécifique, notamment celle des aires protégées du Bénin.

4. Discussion

4-1. Analyse de la dynamique de l'occupation des terres

L'analyse de la dynamique de l'occupation des terres dans les aires protégées du Bénin montre deux tendances. L'une régressive et caractérisée par la savanisation et l'anthropisation. Ces deux modes de conversion sont surtout observés dans la région soudanienne et la zone de transition soudano-guinéenne. En effet, les forêts claires et savanes boisées et les forêts denses sèches subissent la savanisation, tandis que les forêts galeries et les formations ripicoles, les forêts et savanes marécageuses de même que les savanes arborées et arbustives subissent l'anthropisation. Par contre, la lecture des matrices de conversion dans la région guinéo-congolaise plus précisément dans la forêt classée de la Lama, révèle la diminution des formations forestières naturelles au profit des classes anthropiques. La seconde tendance observée est progressive et est caractérisée par l'augmentation, des cultures et jachères, des plantations et des agglomérations. Plusieurs auteurs sont parvenus à la même conclusion selon laquelle les unités naturelles diminuent au profit de celles anthropiques [10, 15, 26, 27]. En effet, la classe des cultures et jachères est celle qui connaît un accroissement plus important comparativement à la classe des formations forestières naturelles. Son accroissement est très marqué à partir de 2018 par les activités agricoles, l'élevage, l'exploitation des bois et la carbonisation sont en plein accroissement dans certaines forêts classées de ces aires protégées.

4-2. Dégradation forestière

L'usage de la télédétection a permis d'évaluer la dégradation des aires protégées du Bénin sur de grandes surfaces afin d'améliorer la gestion de ces dernières. Les résultats de cette recherche ont montré un taux net de dégradation de 1,85 % dans l'ensemble de ces aires protégées. La dégradation dans les aires protégées du Bénin est caractérisée par la coupe sélective du bois devenue l'activité principale de certains acteurs comme les exploitants forestiers. Cette activité est beaucoup plus observée dans les forêts classées de l'Ouémé Supérieur, de Wari-Marou et des Monts Kouffé. Elle entraîne la perte des arbres de gros diamètres et la mort de jeunes plants. La dégradation forestière entraîne des effets en cascade, notamment la fragilisation des arbres [28]. La perte de grands arbres est un élément important qui affecte la structure forestière et crée de nouvelles ouvertures dans la canopée [29]. Ce phénomène réduit la capacité d'une forêt à fournir des biens et services y compris pour l'atténuation du changement climatique [30]. Les résultats de [6], ont montré que l'exploitation forestière illégale et non planifiée entraîne une dégradation forestière avec des dommages environnementaux plus importants. Par ailleurs, [31] ont souligné que la dégradation forestière est souvent un précurseur de la conversion des forêts. Selon ces auteurs, ce phénomène fragilise la forêt face au feu et à la sécheresse et réduit son intérêt socio-économique par la raréfaction des biens ligneux et non-ligneux qu'elle renferme.

4-3. Déforestation

Le taux de déforestation calculé pour l'ensemble des aires protégées étudiées est de 0,12 % par an. Par ailleurs, les taux de reconstitution naturelle et d'amélioration du couvert végétal dans ces aires protégées sont respectivement de 0,07 % et de 0,13 % par an. Ce taux de déforestation est relativement faible par rapport à ceux obtenus par certains chercheurs. En effet, ce taux est faible par rapport à celui (de 0,66 % par an) obtenu par [26] dans les aires protégées du bassin cotonnier du Nord-Bénin. Il est également bas par rapport à ceux d'autres pays d'Afrique tropicale plus précisément au Congo Kinshasa (0,46 %) et très bas par rapport à l'Amérique tropicale (0,51 %) et à l'Asie tropicale (0,58 %) [32 ; 33]. Les recherches de [34] ont montré en RD Congo un taux de déforestation de 0,51 % entre 2001 et 2018, soit 17 ans d'anthropisation. Ces auteurs ont montré que la faiblesse du taux de restauration des forêts et savanes est un signe de perturbation

de ces écosystèmes. Ces perturbations diminuent la valeur des forêts en altérant leur potentiel écosystémique, valeur qui reste incontestable pour la survie de l'espèce humaine [35]. Les nombreuses activités humaines et les dynamiques socio-économiques à l'œuvre mettent en péril ce patrimoine naturel [36]. Les différents auteurs pointent du doigt les activités anthropiques qui non seulement mènent à l'enlèvement de la forêt mais aussi diminuent sa résilience. De l'avis de [37], la dégradation et la déforestation des formations forestières naturelles sont liées aux actions humaines et modifient par conséquent la structure et la composition des écosystèmes. Ce qui conduit à une perte de biodiversité, de production de biens et de services [2]. Réduire les pressions anthropiques sur les forêts des aires protégées du Bénin est donc nécessaire pour favoriser les mécanismes écologiques d'adaptation au changement climatique.

5. Conclusion

La télédétection et les Systèmes d'Information Géographique ont permis de quantifier la dégradation et la déforestation dans certaines aires protégées du Bénin entre 2000 et 2018. Les résultats de cette recherche ont permis d'observer deux tendances évolutives notamment la régression des formations forestières naturelles et la progression des cultures et jachères, des plantations et des habitats humains. L'évaluation de la déforestation et de la dégradation forestière a montré un taux net de dégradation de 1,85 % et un taux de déforestation de 0,12 % dans l'ensemble des aires protégées étudiées. Par ailleurs, le taux de reconstitution naturelle et d'amélioration du couvert végétal dans ces aires protégées est respectivement de 0,07 % et de 0,13 % par an. La dégradation et la déforestation dans ces aires protégées conduisent à la perte de la biodiversité réduisant ainsi la fourniture des services écosystémiques. En perspective, la relation spatiale entre la dégradation et les facteurs la générant sera approfondie, notamment en ce qui concerne l'importance de la fragmentation de paysages de ces aires protégées. Il serait aussi important de lier l'évaluation de la distribution spatiale de la dégradation à celle de la fourniture de services écosystémiques tels que la séquestration du carbone.

Remerciements

Les auteurs remercient le Fonds National de la Recherche Scientifique et de l'Innovation Technologique (FNRSIT) pour avoir financé le présent travail à travers le projet "Cartographie de la biomasse forestière et évaluation du carbone séquestré par les aires protégées du Bénin : implications pour l'atténuation du changement climatique et l'élaboration d'un projet REDD+ (Projet PCB)".

Références

- [1] - FAO, "La situation des forêts du monde. Les forêts au service du développement durable", (2018), 158 p.
- [2] - A. F. HASAN, F. LAURENT, L. BLANC, F. MESSNER, "The use of Landsat time series for identification of forest degradation levels in the eastern Brazilian Amazon (Paragominas)", In "2017 9th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (MultiTemp)", (2017) 1 - 4. <https://doi.org/10.1109/Multi-Temp.2017.8035243>
- [3] - J. A FOLEY., R. DEFRIES, G. P. ASNER, C. BARFORD, G. BONAN, S. R. CARPENTER, F. S. CHAPIN, M. T. COE, G. C. DAILY, H. K. GIBBS, J. H. HELKOWSKI, T. HOLLOWAY, E. A. HOWARD, C. J. KUCHARIK, C. MONFREDA,

- J. A. PATZ, I. C. PRENTICE, N. RAMANKUTTY, et P. K. SNYDER, "Global consequences of land use", *Science*, 309, (2005) 570 - 574
- [4] - J. AKINYEMI, J. MOTHE, N. NEPTUNE. "Fouille de publications scientifiques pour une analyse bibliométrique de l'activité de recherche sur la déforestation", EGC - Atelier Fouille du Web, Paris, France, (2018) 11 - 23
- [5] - H. PUIG, "Diversité spécifique et déforestation : l'exemple des forêts tropicales humides du Mexique", *Bois & Forêts Des Tropiques*, 346, (2001) 41 - 55, DOI: <https://doi.org/10.19182/bft2001.268.a20102>
- [6] - A. F. HASAN, "Évaluation de la dégradation des forêts primaires par télédétection dans un espace de front pionnier consolidé d'Amazonie orientale (Paragominas)", Thèse de doctorat en géographie physique (Le Mans université)", (2019) 232 p.
- [7] - T. TOLESSA, F. SENBETA, M. KIDANE, "The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia", *Ecosystem services*, 23, (2017) 47 - 54
- [8] - Y. ISSIFOU MOUMOUNI, O. AROUNA, N. TOKO ISSAKA, I. TOKO IMOROU, S. ZAKARI, M. DJAUGA, "Estimation de la variabilité de la biomasse aérienne ligneuse en forêt tropicale sèche: cas de la forêt classée de Wari-Marou au Centre-Bénin", *Revue de géographie du Laboratoire Leidi*, 17, (2017) 38 - 56
- [9] - G. N. GOUWAKINNOU, S. BIAOU, S. S. H. BIAOU, O. F. HOUETO, "Effet des changements d'occupation des terres sur le flux du carbone : un exemple des forêts classées de l'Alibori-Supérieur et de Ouénou-Bénou au Bénin". In : Images satellitaires pour un meilleur aménagement des territoires et une gestion durable de la biodiversité, (2018) 153 - 172
- [10] - F. C. AHONONGA, G. N. GOUWAKINNOU, S. S. H. BIAOU, et S. BIAOU, "Vulnérabilité des terres des écosystèmes du domaine soudanien au Bénin de 1995 à 2015", *Bois & Forêts Des Tropiques*, 346, (2020) 35 - 50, <https://doi.org/10.19182/bft2020.346.a36295>
- [11] - M. KANNINEN, D. MURDIYARSO, F. SEYMOUR, A. ANGELSEN, S. WUNDER, L. GERMAN, "Do trees grow on money? The implications of deforestation research for policies to promote REDD". *Forest perspective 4*, CIFOR Jakarta, (2007) 61 p.
- [12] - A. MAMA, M. OUMOROU, B. SINSIN, C. DE CANNIERE, J. BOGAERT, "Anthropisation des paysages naturels des aires protégées au Bénin : Cas de la Forêt Classée de l'Alibori Supérieur (FC-AS)", *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 11(2) (2020) 117 - 125
- [13] - Y. S. S. BARIMA, N. BARBIER, I. BAMBA, D. TRAORE, J. LEJOLY, J. BOGAERT, " Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne", *Bois et Forêts des Tropiques*, 299 (1) (2009) 15 - 25. <https://doi.org/10.19182/bft2009.299>
- [14] - A. MAMA, B. SINSIN, C. DE CANNIERE, J. BOGAERT, "Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin", *Tropicultura*, 31(1), (2013) 78 - 88
- [15] - S. BIAOU, O. F. HOUETO, G. N. GOUWAKINNOU, S. S. H. BIAOU, B. AWESSO, S. M. TOVIHESSI, R. TETE, " Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin", Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Cotonou, Bénin, (2019) 1 - 20
- [16] - F. WHITE, " La végétation d'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation d'Afrique. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/Association pour l'Etude Taxonomique de la Flore d'Afrique", *Tropicale/United Nations Soudano-Sahelian Office, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, (1986) 391 p.

- [17] - Météo-Bénin, "Données climatologique" (2018)
- [18] - PAMF, "Plan d'Aménagement Participatif du complexe des forêts classées de Wari-Marou et des Monts I gestion et Fiches de parcelle", (2007) 895 p.
- [19] - I. TOKO IMOROU, O. AROUNA, S. ZAKARI, M. DJAUGA, O. THOMAS, G. KINMADON, "Evaluation de la déforestation et de la dégradation des forêts dans les aires protégées et terroirs villageois du bassin cotonnier du Bénin", Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, (2019) 25 p.
- [20] - J.-F. MIKWA, R. GOSENS, and P. DEFOURNY, "Forest degradation, a methodological approach using remote sensing techniques: literature review", *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 24(1), (2016) 161 - 178
- [21] - S. SOULAMA, A. L. KADEBA, B. M. I. NACOULMA, S. TRAORÉ, Y. BACHMANN, A. THIOMBIANO, "Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique", *Journal of Applied Biosciences*, 87, (2015) 8047 - 8064
- [22] - O. AROUNA, "Changements de l'occupation des terres et nécessité de l'aménagement du territoire à l'échelle locale en Afrique subsaharienne : cas de la Commune de Djidja au Bénin", *L'Harmattan*, (2017)
- [23] - P. DAGNELIE, "Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions" *De Boek & Larcier*, Paris, Bruxelles 2 (1998)
- [24] - O. AROUNA, "Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire", Thèse de doctorat, UAC, Bénin (2012) 234 p.
- [25] - Y. ISSIFOU MOUMOUNI, "Evaluation de la déforestation et de la dégradation du couvert végétal et estimation des gaz à effet de serre correspondants dans le Bassin moyen de la Sota au Nord-Bénin", Thèse de Doctorat, UAC, Bénin, (2020) 279 p.
- [26] - S. ZAKARI, I. TOKO IMOROU, A. B. O. THOMAS, M. DJAUGA et O. AROUNA, "Application de la télédétection et du SIG au suivi des formations végétales de la forêt classée des Trois Rivières au Nord-Est du Bénin". *European Scientific Journal*, 14(15), (2018) 1857 - 7881
- [27] - S. KOUTA et I. TOKO IMOROU, "Forest landscape dynamics in the cotton basin of North Benin", *International Journal of Forest, Animal and Fisheries Research*, 3(6), (2019) 195-202. <https://dx.doi.org/10.22161/ijfaf.3.6.1>
- [28] - P. V. LIEROP, E. LINDQUIST, S. SATHYAPALA, G. FRANCESCHINI, "Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events", *Forest Ecology and Management, Changes in Global Forest Resources from 1990 to 2015*, 352, (2015) 78 - 88. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010>
- [29] - S. SAATCHI, S. ASEFI-NAJAFABADY, Y. MALHI, E. O. C. L. ARAGÃO, O. L. ANDERSON, B. R. MYNENI, and R. NEMANI, "Persistent effects of a severe drought on Amazonian forest canopy", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(2), (2013) 565 - 570
- [30] - A. BACCINI, W. WALKER, L. CARVALHO, M. FARINA, D. SULLA-MENASHE, et R. A. HOUGHTON, "Tropical Forests Are a Net Carbon Source Based on Aboveground Measurements of Gain and Loss", *Science (New York, N.Y.)* 358 (6360), (2017) 230 - 34. <https://doi.org/10.1126/science.aam5962>
- [31] - D. MOLLICONE, F. ACHARD, S. FEDERICI, D. H. EVA, G. GRASSI, A. BELWARD, F. RAES, G. SEUFERT, H.-J. STIBIG, G. MATTEUCCI, E.-D. SCHULZE, "An Incentive Mechanism for Reducing Emissions from

- Conversion of Intact and Non-Intact Forests ", *Climatic Change* 83(4), (2007) 477 - 93.
<https://doi.org/10.1007/s10584-006-9231-2>
- [32] - M. B. KALAMBAY, J. P. RUDANT, R. LUMBUENAMO, M. BELAND, B. RIERA, "Dynamique spatiale du domaine de chasse et réserve de Bombo Lumene entre 2000 et 2015 par imagerie satellitaire optique", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2(18), (2016) 559 - 568
<http://www.ijias.issr-journals.org/abstract.php?article=IJIAS-16-184-01>
- [33] - P. GILLET, C. VERMEULEN, L. FEINTRENIE, C. GARCIA, " Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo ? Synthèse bibliographique et études de cas", *BASE*, 20(2), (2016) 183 - 194
<http://www.pressesagro.be/base/text/v20n2/183.pdf>
- [34] - J. M. KABUANGA, A. B. GUGUYA, E. N. OKITO, N. MAESTRIPIERI, M. SAQALLI, V. ROSSI et L. I. W. MONGO, " Suivi de l'anthropisation du paysage dans la région forestière de Babagulu, République Démocratique du Congo", *Vertigo- la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], 20 (2), (2020), mis en ligne le 05 octobre 2020, DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.28347>
- [35] - C. MEZARD, " Caractérisation des perturbations anthropiques de la forêt des pins d'Haïti : Cas de l'unité 2. Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain", Faculté: *Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)*, (2018) URI/URL: <http://hdl.handle.net/2268.2/5169>. 120 p
- [36] - J. KYALE KOY, D. A. WARDELL, J-F. MIKWA, MASIMO J. KABUANGA, A. MAINDO MONGA NGONGA, J. OSZWALD, C. DOUMENGE, " Dynamique de la déforestation dans la Réserve de biosphère de Yangambi (République Démocratique du Congo) : variabilité spatiale et temporelle au cours des 30 dernières années", *Bois et Forêts des Tropiques*, 341, (2019) 15 - 28. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2019.341.a31752>
- [37] - S. KOUTA, I. TOKO IMOROU, E. S. SOGBOSSI, I. MAZO et G. MENSAH, " Résilience et résistance de la flore aux perturbations anthropiques dans le bassin cotonnier du Nord-Benin", *Cahiers de l'ENS-Bongor*, 1(2), (2020) 167 - 179