

Analyse de la Dynamique d'Occupation des Terres dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W/Burkina Faso dans un Contexte de Terrorisme

Boureima TINTO

Ministère de l'Environnement de l'Eau et de l'Assainissement (Burkina Faso)

Btinto2@gmail.com

Kwéssé Moïse SANOU*

Ministère de l'Environnement de l'Eau et de l'Assainissement (Burkina Faso)

sanoukmoise@gmail.com

Mamadou LOMPO

Doctorant en Géographie, Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE),

Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 03 BP :1122 Cotonou

mohamedelnoura@gmail.com

Basile Aoupoaoune ADOUABOU

Ministère de l'Environnement de l'Eau et de l'Assainissement (Burkina Faso)

adouaboubasile@yahoo.fr

Résumé

La gestion des aires protégées dans le contexte du terrorisme constitue un enjeu et un défi au Burkina Faso. L'objectif de cette étude est de contribuer au suivi de la couverture ligneuse de la réserve de biosphère transfrontalière du W du Burkina Faso dans un contexte de terrorisme. Pour ce faire, des images satellitaires Landsat (2002, 2013 et 2023) ont été utilisées. La méthodologie de l'étude a été caractérisée essentiellement par le traitement synergique de supports aérospatiaux, pour caractériser la dynamique de l'occupation des terres.

Les résultats de l'étude ont montré que la combinaison de données multi sources, de technologies géospatiales et d'une approche méthodologique appropriée, offre la possibilité d'une bonne appréhension de l'occupation des terres de la réserve de biosphère du W. Les analyses révèlent une expansion de la superficie des champs dans la zone tampon que sont les concessions de chasse de Tapoa-Djerma et de Kourtiagou. Les champs ont connu une évolution moyenne par an de 6,74 % entre 2002 et 2013 comparativement à la période 2013 et 2023 qui est de 15,41 % sur l'ensemble de la réserve. Le taux d'évolution annuel des savanes arborées est de 1,16 % entre 2002 et 2013 contre 4,71 % entre 2013 et 2023.

Mots clés : Burkina Faso, dynamique, occupation des terres, biosphère transfrontalière du w, terrorisme

Abstract

Protected area management in the context of terrorism is an issue and a challenge in Burkina Faso. The objective of this study is to contribute to the monitoring of the woody cover of the W transboundary biosphere reserve of Burkina Faso in a context of terrorism. To do this, Landsat satellite images (2002, 2013 and 2023) were used. The methodology of the study was characterized essentially by the synergistic processing of aerospace supports, to characterize the dynamics of land occupation. The results of the study showed that the combination of multi-source data, geospatial technologies and an appropriate methodological approach, offers the possibility of a good understanding of the land occupation of the W biosphere reserve. The analyses reveal an expansion of the area of fields in the buffer zone that are the hunting concessions of Tapoa-Djerma and Kourtiagou. The fields have experienced an average annual evolution of 6.74 % between 2002 and 2013 compared to the period 2013 and 2023 which is 15.41 % over the entire reserve. The annual evolution rate of wooded savannahs is 1.16 % between 2002 and 2013 compared to 4.71 % between 2013 and 2023.

Keywords: Burkina Faso, dynamics, land occupation, transboundary biosphere of the w, terrorism

Introduction

Le XXI^{ème} siècle est marqué par une dégradation croissante des paysages naturels sous l'influence des activités humaines, menant à une diminution du couvert forestier à l'échelle mondiale (Salomon *et al.* 2021). Cette dégradation est un phénomène qui affecte également les pays sahéliens (Gansaonré, 2018).

Ainsi, au Burkina Faso les tendances évolutives des formations naturelles montrent une diminution des superficies forestières au profit de celles des cultures agricoles (MEEVCC, 2019). Entre 2000 et 2022 la superficie forestière du pays est passée de 6 956 631,47 ha à 5 117 777,07 ha soit une perte de 83 584,29 ha/an au profit des terres cultivées (SP-REDD+, 2023). Le changement des domaines forestiers en terres agricoles, est généralement associé à la baisse des réserves de carbone terrestre et la perte de la biodiversité (Sibanda *et al.*, 2018; Adjonou *et al.*, 2019) . Il entraine aussi la fragmentation des habitats fauniques et une perturbation de l'écologie et des processus hydrologiques (Adjonou *et al.* 2019). Pourtant l'état et la dynamique de la végétation jouent un rôle important dans le cycle global du climat

et du carbone (Smet *et al.*, 2018). Cette situation de dégradation des ressources forestières au Burkina Faso constitue un défi environnemental majeur (MEEVCC, 2019) à l'instar des autres pays du monde. Malheureusement d'autres défis viennent s'ajouter à celui environnemental déjà préoccupant. Il s'agit de la crise sécuritaire avec son corolaire de défis socio-économique, alimentaire et humanitaire. Depuis 2015, le pays est en proie à des attaques répétitives de groupes armés terroristes occasionnant des déplacements massifs des populations et l'inaccessibilité à certaines localités du territoire (Bassinga *et al.*, 2023). Cette situation a un réel impact sur les droits sociaux, culturels et économiques, les libertés civiles et la participation politique (Engels, 2021). De plus, elle rend complexe la gestion des ressources forestières à travers le pays. Certaines aires protégées du fait de la situation sécuritaire qui prévaut, sont difficiles d'accès, c'est le cas de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W du Burkina Faso (RBTW-BF).

A l'instar des aires protégées du complexe W-Arly-Pendjari (WAP), la réserve de biosphère transfrontalière du W du Burkina Faso est perçue comme un mécanisme efficace pour la conservation de la biodiversité (UICN, 2008). Elle est classée dans la catégorie Ia de l'UICN en raison de son importance capitale pour la conservation de la diversité biologique et la fourniture des services écosystémiques. Avant l'avènement du terrorisme dans la zone, les travaux réalisés par des auteurs ont montré qu'elle subissait diverses pressions de dégradation. C'est le cas de Hema *et al.*, (2012) qui ont montré que les facteurs tels que le braconnage, la transhumance illégale, la pêche illégale, les empiétements agricoles, les feux de brousse non contrôlés, l'exploitation illégale des ressources forestières constituaient une menace. Aussi, Gansaonré (2018) a noté que les travaux du programme régional Parc W/ECOPAS ont montré que l'environnement de la réserve connaît de fortes variations aussi bien à l'intérieur du parc W que dans ses périphéries. Alors que la conservation de la diversité biologique est un impératif pour permettre aux générations présentes et futures de bénéficier des services offerts par les écosystèmes (ONU, 1992).

La RBTW/BF a vu sa gestion affectée par le terrorisme courant 2018. En effet, la situation d'insécurité a contraint les gestionnaires à abandonné la réserve. Cette situation a eu d'énorme conséquence sur

la mise en œuvre de certains projets de conservation. Ils ont dû suspendre leur intervention pour des raisons d'insécurité dans la zone. C'est le cas du projet d'intégration des mesures d'adaptation au changement climatique dans la gestion concertée du complexe transfrontalier WAP (ADAPT-WAP). De nos jours, au regard de l'absence de gestionnaires et dans un contexte d'intervention de drones militaires, il est opportun de s'interroger sur la situation des ressources naturelles de cette entité et spécifiquement celles forestières.

Des auteurs comme Engels (2021) ; Bassinga *et al.*, (2023) ont réalisé des études sur l'impact de la crise sécuritaire dans les domaines socio-économique, alimentaire et humanitaire. Dans la même dynamique, les organismes comme le Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires (OCHA) et le Secrétariat Permanent pour le Conseil National de Secours d'Urgence et de Réhabilitation (SP/CONASUR) en produisent également. Les données sur la situation évolutive des ressources forestières font encore défaut. Pourtant ces informations sont capitales dans le cadre de la prise en compte des ressources forestières dans la lutte contre le terrorisme. C'est dans l'optique de disposer des informations sur l'évolution des ressources forestières des aires protégées en période de terrorisme que s'inscrit cette étude.

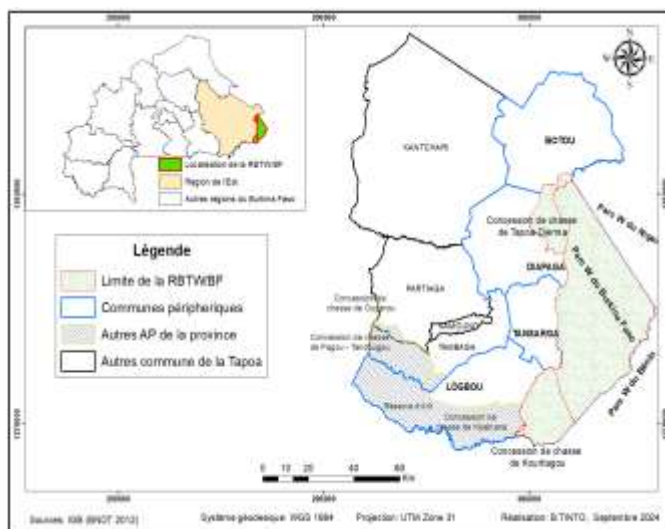
1. Méthode d'étude

1.1. Situation géographique du milieu d'étude

La RBTW/BF est localisée dans la province de la Tapoa, située dans la partie orientale du pays et s'étendant entre les parallèles 11°24,728' et 12°22,435' de latitude Nord et les méridiens 1°50,446' et 2°22,320' de longitude Est. Elle est limitée à l'Est par la composante W Niger et Bénin, à l'ouest par les départements de Diapaga et Tansarga, au nord par le département de Botou et au Sud par le département de Logobou et la composante W Bénin de sa portion Sud. Elle comprend : Une aire centrale qui est constituée du Parc national du W (2 350 km²) ; Une zone tampon qui comprend la réserve partielle de faune de la Kourtiagou (510 km²) et la zone cynégétique de chasse sportive de Tapoa Djerma (300 km²). Les zones villageoises d'intérêt cynégétique à la périphérie des concessions de chasse sportive font partie

intégrante de cette aire de transition qui correspond aux espaces les plus anthropisés (agriculture, élevage) s'étendant depuis la limite extérieure de la zone tampon sur un rayon de plusieurs dizaines de kilomètres. La figure 1 donne un aperçu sur la situation géographique du secteur d'étude.

Figure 1: Localisation de la RBTW/BF



1.2 Données d'études

1.2.1 Imagerie satellitaire Landsat

Pour déterminer la dynamique de l'occupation des terres, les images satellitaires de Landsat 7 de 2002, Landsat 8 de 2013 et 2023 ont été utilisées. Elles ont été téléchargées gratuitement sur le site internet <https://earthexplorer.usgs.gov> de l'USGS (United States Geological Survey). La RBTW/BF est couverte par trois (03) scènes. Pour chacune des années, les scènes 192/052, 193/051 et 193/052 ont été retenues. D'une résolution spatiale de 30m, les images ont été téléchargées avec un taux de couverture nuageux inférieure à 5 %. Les images de 2002 ont été enregistrées aux mois de novembre. Celles de

2013 ont été enregistrées aux mois d'octobre et 2023 au mois d'octobre et novembre. Ces mois considérés comme post saison pluvieuse sont favorables à une bonne discrimination des unités d'occupation des terres dans la zone soudano-sahélienne (Zoungana *et al.*, 2015). Le choix de ces périodes vise à mieux appréhender le rythme des changements d'occupation des terres qui sont intervenus de 2002 à 2013 (période avant terrorisme) et de 2013 à 2023 (période couvrant les 08 années de terrorisme).

1.2.2 Base de données terrain

Les données terrains ont concerné les coordonnées de relevé terrain de la BDOT de 2002 et les coordonnées de relevé terrain des placettes du second Inventaire Forestier National (IFN2) de 2012. Ces données ont été acquises auprès de la Division du Système d'Information Forestier (DSIF). En effet ces données ont servi de base terrain pour la réalisation de la cartographie d'occupation des terres de 2002 et 2013. Elles ont été complétées par les images de très haute résolution de google earth et de BingMaps.

1.3. Analyse et traitement des données

1.3.1. Outils de traitement des données

Pour le traitement et l'analyse des données satellitaires, différents types de logiciels ont été utilisés :

- ✓ **Envi 5.3** : c'est un logiciel de traitement d'image satellitaire pour la télédétection. Il a servi au traitement des images Landsat ;
- ✓ **Arcgis 10.8** : il a été utilisé pour le traitement cartographique des données issues du traitement des images Landsat,
- ✓ **microsoft office (Excel)** : il a été utile pour l'analyse statistique des données et la réalisation de graphiques de différentes formes (histogrammes, courbes...) ;
- ✓ **microsoft office (Word)** : Il a servi à la rédaction de cette étude.

1.3.2. Matériels cartographiques utilisés

Le matériel cartographique suivant a été utilisé dans le cadre de l'étude :

- ✓ Imagerie satellitaire Landsat : l'analyse diachronique a été

réalisée grâce aux images des capteurs Landsat 7 et 8 de 2002, 2013 et 2023 couvrant la zone d'étude ;

- ✓ Les plateformes google earth et Bing Maps: Ces plateformes en ligne ont permis de faire la collecte de données sur la zone d'étude ;
- ✓ Les bases de données terrain et cartographiques produites dans le cadre du Second Inventaire Forestier National (IFN2) : ce sont les relevés terrain de la Base de Données de l'Occupation des Terres (BDOT) de 2002 et les coordonnées des placettes temporaires et permanentes de l'INF2 de 2012. Ces données ont été mises à profit lors de la classification des images satellitaires de Landsat de 2002 et 2013 ;
- ✓ Les bases de données cartographiques de l'Institut Géographique du Burkina (IGB) : Il s'agit de la Base Nationale de Données Topographiques (BNDT) de 2012.

1.3.3. Technique de traitement des données

La méthode utilisée pour le traitement des images satellitaires Landsat se résume en trois parties : il s'agit du prétraitement, de la prospection sur les plateformes en ligne (google earth et Bing Maps) et le traitement proprement dit.

❖ Le prétraitement des images landsat

Il concerne l'ensemble des opérations ayant permis à la classification de l'image.

Correction de l'image : Elle consiste à l'amélioration des images satellitaires avant tout traitement et analyse. Les corrections les plus utilisées pour ce qui concerne les images satellitaires en télédétection sont la correction géométrique, radiométrique et atmosphérique. La correction géométrique facilite la superposition des images en vue des comparaisons (Azizou *et al.*, 2021). De plus en plus les images satellitaires de Landsat sont géométriquement corrigées par le fournisseur avant leur mise en ligne. C'est le cas de Landsat 7 et 8. Dans le cadre de cette étude, la correction a porté essentiellement sur les corrections liées aux perturbations atmosphériques et radiométriques. La correction radiométrique a été faite grâce à l'algorithme « radiometric calibration » de envi 5.3. Elle a permis

d'améliorer le niveau de radiance des images. La correction atmosphérique quant à elle permet de réduire les effets dus aux composants atmosphériques sur le rayonnement électromagnétique. Elle a été faite également sur envi 5.3 grâce à l'algorithme « Flaash atmospheric correction ».

Compilation des bandes : Les bandes ont été regroupées grâce à l'algorithme « layer stacking ». Cette opération a permis de former en un seul bloc les informations spectrales contenues dans les différentes bandes retenues pour la composition colorée.

Mosaïquage : La limite de la RBTW-BF est couverte par les scènes 192/052, 193/051 et 193/052. Le mosaïquage a permis d'obtenir une seule image des trois scènes.

Délimitation et extraction de la zone d'étude : Une zone tampon de 2km « buffer » à partir de la limite de la RBTW-BF a été créée sur Arcgis 10.8 et exporté sur Envi 5.3. Cela a permis de prendre en compte toutes les informations contenues dans les pixels de la limite de la RBTW-BF. Ensuite la nouvelle limite a été extraite via « Subset Data via ROIs » de envi 5.3.

Composition colorée : En télédétection, la composition colorée est obtenue par une combinaison de trois bandes d'une image multi spectrale en utilisant les couleurs primaires (rouge, vert et bleu). Dans le cadre de cette étude, la composition colorée fausse couleur a été appliquée car elle donne une meilleure discrimination de la végétation (Salomon *et al.*, 2021). Elle offre également une meilleure discrimination des pixels et une meilleure forme de visualisation des signatures spectrales (Biga *et al.*, 2020). Elle est obtenue en combinant les bandes vert, rouge et proche infrarouge. Les deux dernières étant connues comme les mieux adaptées pour la discrimination de la végétation (Vital, 2008). Ainsi une combinaison de type 5-4-3 (proche infrarouge-rouge-vert) pour les images de 2013 et de 2023 du capteur OLI/TIRS Landsat 8 d'une part et 4-3-2 pour les images de 2002 du capteur ETM+ Landsat 7 ont été réalisées.

❖ **Prospection sur Google earth et Bing Maps**

La détection des différentes unités d'occupation des terres à partir de la signature spectrale issue de la composition colorée fausse couleur reste difficile, c'est pourquoi, il est nécessaire de s'appuyer sur des données recueillies sur le terrain ou sur les plateformes google earth et ou Bing Maps. Au regard de la difficulté d'accès de la zone d'étude pour des raisons sécuritaires, la deuxième option a été utilisée. A cet effet une prospection minutieuse a été faite sur ces plateformes afin de vérifier la correspondance de la signature spectrale des images. Cette opération a permis d'identifier les types d'unités d'occupation des terres de la RBTW/BF. A cela s'ajoute l'utilisation des données terrain des placettes de l'IFN2 de 2012 et des coordonnées de la BDOT de 2002.

❖ **Traitement proprement dit**

Le traitement des images a été scindé en plusieurs phases : il s'agit de la classification de l'image, la post classification, la vérification des classes.

Classification de l'image : Il existe deux types de classification automatique, à savoir la classification supervisée (ou dirigée) et non supervisée (non dirigée) (Biga *et al.*, 2020). Ainsi pour obtenir des résultats concluants en télédétection, il est souhaitable d'orienter la classification en intervenant de manière interactive durant le déroulement des opérations. A cet effet, la classification supervisée a été retenue. Ainsi, la classification de l'image de 2002 a été faite à travers les coordonnées de relevé terrain de la BDOT 2 de 002, de l'imagerie google earth et Bing Maps. L'image de 2013 a été classifiée à travers les coordonnées de relevé terrain des placettes de l'IFN2 de 2012, des images de google earth et Bing Maps. La classification de l'image landsat de 2023 a été faite à travers un suivi sur google earth et de Bing Maps des coordonnées de relevé terrain de la BDOT et de l'IFN2 de 2012. Pour chacune des années, un échantillon représentatif par strate a été considéré comme des régions d'intérêt ou ROI (*Region Of Interest*). A la suite d'une délimitation minutieuse des « ROI », la méthode basée sur la classification supervisée par maximum de vraisemblance a été appliqué sur Envi 5.3. Cet algorithme se base sur

la valeur de la probabilité d'appartenance aux différentes classes, des vecteurs moyens et de la matrice des variances et covariances pour tous les canaux afin d'affecter les différents pixels à la classe la plus vraisemblable selon le risque d'erreur tolérée (Azizou *et al.*, 2021). Le choix de cet algorithme s'explique pour son utilisation très répandue en télédétection du fait qu'il est très satisfaisant mathématiquement car les pixels sont classés selon une méthode probabiliste (Biga *et al.*, 2020).

Evaluation de la classification : la précision de la classification a été évaluée à l'aide de la matrice de confusion à travers deux indices couramment utilisés. Il s'agit de la précision globale qui caractérise la proportion de pixels bien classés, et du coefficient Kappa qui caractérise le rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés (Azizou *et al.*, 2021). La validation de la classification par la matrice de confusion s'effectue par le calcul du coefficient ou de l'indice Kappa (IK). Il est compris entre 0 à 1 et comprend 5 classes : la classification est excellente si $IK > 0,81$, bon si IK est compris entre 0,61 et 0,80, modéré si IK est compris entre 0,21 et 0,60 et mauvais si IK est compris entre 0 et 0,20.

Post classification : la post-classification permet d'individualiser à travers la numérisation visuelle à l'écran de certaines unités d'occupation des terres qui ne ressortent pas bien à l'issue de la classification automatique (Biga *et al.* 2020). Ainsi après la validation de la classification une gamme de traitement doit être appliquée à l'image afin que le résultat final soit de qualité. Il s'agit d'un traitement successif à travers des algorithmes « combine class », « Sieve class », « clump class », « Majority/Minority analysis ». L'outil « combine class » a permis la combinaison des classes, « Sieve class » a été utilisé pour supprimer les pixels isolés dans l'image classifiée, « clump class » a réalisé l'homogénéisation des classes en filtrant les images qui ont souvent un problème de concordance spatiale (tâches ou trou dans les classes) et enfin « Majority/Minority analysis » pour le lissage des images avant la vectorisation.

Vectorisation et édition de carte : après le processus de la post classification, les images classifiées sous format raster ont été

vectorisées dans le logiciel Envi 5.3 avant leur exportation dans le logiciel ArcGIS 10.8 pour le traitement cartographique et l'analyse statistique de chacune des années (2002, 2013 et 2023). Ainsi, les images vectorisées ont subi un traitement successif qui a permis d'extraire les statistiques et de réaliser les cartes finales. Ce traitement a concerné l'élimination des Minimum Map Unit (MMU) fixés à 0,8 ha, l'élimination des entités non classifiées et la combinaison des polygones adjacents.

1.3.4. Technique d'analyse des données

Les statistiques de l'occupation des terres ont été calculées à l'aide d'une feuille de calcul Excel suivie de l'analyse diachronique (progression ou régression) de chaque unité d'occupation des terres de 2002, 2013 et 2023. La variation de la superficie d'une unité d'occupation des terres entre deux années a été réalisée grâce à la formule proposée par Bernier (1992):

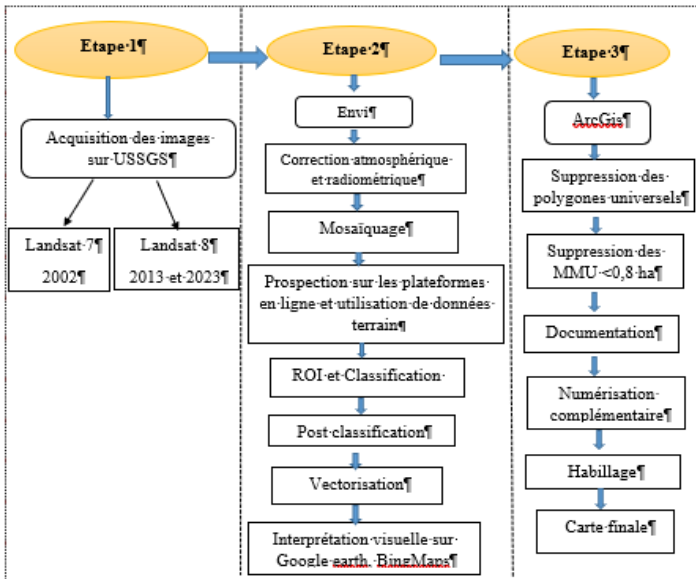
$$Te = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) * \ln e} * 100$$
 Où S_1 et S_2 , correspondant respectivement à la superficie d'une catégorie d'occupation des terres en année t_1 et en année t_2 ; \ln le logarithme népérien; e la base des logarithmes népériens $e = 2,71828$ coefficient invariable.

Cette variation a permis d'apprécier le sens du changement entre deux années au niveau de chaque unité d'occupation. $T = 0$ indique qu'il y a stabilité; $T < 0$ indique une dégradation; $T > 0$ indique une progression.

Les matrices de transition sont élaborées pour décrire les changements d'utilisation des terres pendant une période donnée (Schlaepfer et Bütler, 2002). Elles ont donc permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les formations végétales entre 2002 et 2023. Le nombre X de lignes de la matrice indique le nombre de classes d'occupation des terres au temps t_0 ; le nombre Y de colonnes de la matrice est le nombre de classes d'occupation des terres converties au temps t_1 et la diagonale contient les superficies des formations végétales restées inchangées. Les transformations se font donc des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes classes d'occupation des terres ont été

calculées à partir du croisement des cartes d'occupation des terres de t_0 et de t_1 à l'aide de la fonction Intersect de la boîte à outils ArcToolbox du logiciel ArcGIS 10.8.

Figure 2 : récapitulatif du processus de traitement des images satellitaires Landsat

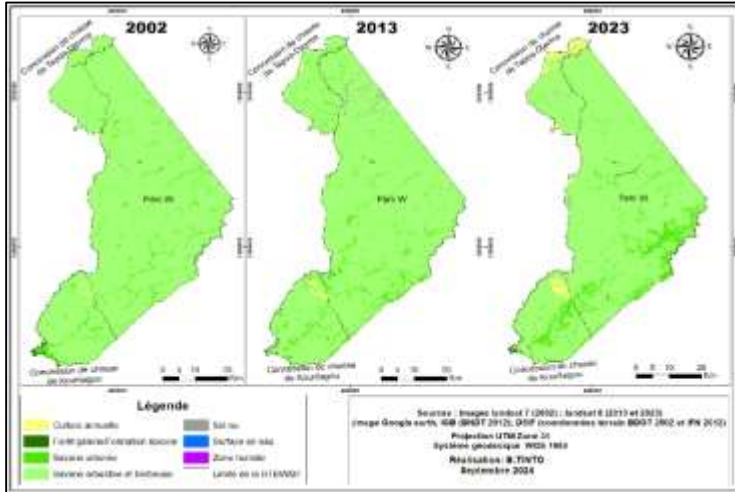


2. Résultats

2.1. Classification et état des lieux de l'occupation des terres de la RBTW/BF en 2002, 2013 et 2023

La figure 3 présente l'occupation des terres de 2002, 2013 et 2023 de la réserve de biosphère transfrontalière du W du Burkina Faso (RBTW/BF). Globalement, la classification des trois images est de bonne qualité, avec une précision globale de 92,50 %, 92,01 % et 90,66 % respectivement pour 2002, 2013 et 2023. Les coefficients Kappa, ont des valeurs au-delà de l'échelle de Pontius (2000) avec 89,73 %, 87,93 % et 87,90 % pour 2002, 2013 et 2023 respectivement.

Figure 3 : Occupation des terres de la RBTW/BF de 2002, 2013 et 2023



Par ailleurs, la figure 3 montre qu'en 2002 l'ensemble de la réserve était dominé par la savane arbustive et herbeuse. Les zones de cultures représentaient une petite portion dans les concessions de chasse de Kourtiagou (Sud-Ouest) et de Tapoa-Djerma (Nord-Ouest). En 2013, les zones de cultures ont continué de s'étendre dans les concessions. En 2023, on observe une expansion considérable des zones de cultures dans les concessions de chasse. Aussi, il y a une présence de champs à l'extrémité Ouest du parc W. Le constat global de la cartographie de la dynamique d'occupation des terres des trois périodes indique une amélioration du couvert végétal à l'intérieur du Parc W. Par contre dans les zones de concessions, on enregistre une expansion des superficies agricoles.

2.2. Dynamique des unités d'occupation des terres de 2002, 2013 et 2023

Le tableau I montre la variation des superficies de chaque unité d'occupation entre 2002, 2013 et 2023 à partir des statistiques des traitements d'image.

Tableau I: Superficie des unités d'occupation de la RBTW/BF de 2002, 2013 et 2023

Unités	2002		2013		2023	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
CAT	742,88	0,24	1559,1	0,5	7278,13	2,33
Fg/Fr	838,5	0,27	339,66	0,11	854,16	0,27
SA	13 696,7	4,38	15 559,7	4,98	24 910,26	7,97
Sah	296 533,68	94,9	292 639,03	93,65	277 920,41	88,94
Sn	620,29	0,2	2 250,99	0,72	1 390,71	0,45
Se	22,74	0,01	85,44	0,03	78,68	0,03
Zh	31,05	0,01	51,9	0,02	53,47	0,02
Total	312 485,82	100	312 485,82	100	312 485,82	100

Source : Traitement des images Landsat

L'analyse de ce tableau I permet de voir la tendance des unités d'occupation des terres de 2002, 2013 et 2023. Ainsi, en 2002 la savane arbustive et herbeuse occupait 94,9 % de la superficie totale de la réserve suivi de la savane arborée (4,38 %). La forêt galerie/formation ripicole, les zones de cultures, les sols nus, les surfaces en eau et les zones humides occupaient respectivement des superficies très faibles (0,27 %), (0,24 %), (0,2 %), (0,1 %) et (0,1 %). On constate qu'en 2013, les unités comme savane arbustive et herbeuse (93,65 %), forêt galerie/formation ripicole (0,11 %) ont connues une baisse de leurs superficies respectives par rapport à 2002. Par contre, les autres unités ont connu un accroissement de leurs superficies, savane arborée (4,98 %), sol nu (0,72 %), culture annuelle et territoire agroforestier (0,5 %), surface en eau (0,3 %) et zones humides (0,2).

En 2023, les culture annuelle et territoire agroforestier (2,33 %), et les savane arborée (7,97 %) ont connu une augmentation significative de leur superficie. Les forêt galerie/formation ripicole qui étaient en baisse en 2013 ont connues un accroissement en 2023 avec une superficie estimée à 854,16 ha soit 0,27 %. La dégradation de la savane arbustive et herbeuse s’est poursuivie avec 88,94 %. Les sols nus qui étaient en hausse en 2013 ont connu une baisse en 2023 soit 0,45 %. On note cependant que les superficies des surfaces en eau et des zones humides de 2013 sont restées inchangées en 2023. Sur l’ensemble de la période étudiée (2002 à 2023), les zones de cultures et les savanes arborées ont connu une augmentation de leur superficie contrairement à la savane arbustive et herbeuse.

2.3. Variation annuelle des unités d’occupation des terres entre 2002, 2013 et 2023

Le tableau II indique le taux d’évolution annuel de l’occupation des terres de la RBTW/BF en trois phases. La première phase concerne la période (2002 à 2013) d’avant le début du terrorisme, la deuxième (2013 à 2023) couvre la période du terrorisme en cours et la dernière phase concerne l’ensemble de la période de l’étude (2002 à 2023).

Tableau II: Evolution moyenne annuelle des unités d’occupation de la RBTW/BF de 2002, 2013 et 2023

Unités	Evolution 2002-2013		Evolution 2013-2023		Evolution 2002-2023	
	%	Nature	%	Nature	%	Nature
Culture annuelle et territoire agroforestier	6,74	Progression	15,41	Progression	10,87	Progression
Forêt galerie/formation ripicole	-8,22	Régression	9,22	Progression	0,09	Progression
Savane arborée	1,16	Progression	4,71	Progression	2,85	Progression
Savane arbustive et herbeuse	-0,12	Régression	-0,52	Régression	-0,31	Régression
Sols nus	11,72	Progression	-4,82	Régression	3,84	Progression
Surface en eau	12,03	Progression	-0,82	Régression	5,91	Progression
Zone humide	4,67	Progression	0,30	Progression	2,59	Progression

Source : Traitement des images Landsat

L’examen du tableau montre d’importantes variations de l’occupation

des terres dans la RBTW/BF :

- ✓ **Entre 2002 à 2013** : les Culture annuelle et territoire agroforestier, surface en eau, sols nus, zones humides et savane arborée ont connu une progression annuelle de leur superficie avec respectivement des taux moyens de 6,74 %, 12,03 %, 11,72 %, 4,67 % et 1,16 %. Par contre les savane arbustive et herbeuse et Forêt galerie/formation ripicole ont régressé en moyenne de 0,12 % et de 8,22 % chaque année.
- ✓ **Entre 2013 à 2023** : seuls les cultures annuelles et territoire agroforestier et savane arborée ont continué leur progression avec un taux moyen annuel significative. On constate que le taux moyen annuel de ces unités a plus que doublé dans la période de 2013 à 2023 avec respectivement 15,41 % et 4,71 %. De même, les savanes arbustives et herbeuses ont continué à régresser avec un taux de 0,52 %. Les sols nus et Se qui avaient connues une progression entre 2002 et 2013 ont régressé durant la période de 2013 à 2023 de 4,82 % et 0,82 %. Cependant les zones humides ont continué de progresser avec un taux moyen annuel (2,29 %) en baisse par rapport à la période de 2002 à 2013.
- ✓ **Entre 2002 et 2023** : sur l'ensemble de la période de l'étude, certaines unités d'occupation des terres (cultures annuelles et territoire agroforestier, savane arborée, surface en eau, sols nus et zones humides) ont connu une progression de leurs superficies exceptées les savanes arbustives et herbeuses. On note que la progression des cultures annuelles et territoire agroforestier et savane arbustive, est plus importante dans la période de 2013 à 2023 que sur toute la période de l'étude. Le taux moyen annuel est respectivement de 15,41 % (cultures annuelles et territoire agroforestier) et 4,71 % (savane arbustive) entre 2013 à 2023 contre 10,87 % (cultures annuelles et territoire agroforestier) et 2,85 % (savane arbustive) sur l'ensemble de la période de l'étude (2002 à 2023).

2.4. Nature des changements de l'occupation des terres de 2002 à 2023

La matrice de transition permet de décrire les changements d'occupation des terres intervenus entre deux périodes (Mamane *et al.*, 2018). C'est un tableau à double entrée qui permet de renseigner sur les mutations spatiales des classes d'unités au cours d'un intervalle de temps donné. Elle présente trois possibilités. Une situation de gain, de perte et de stabilité. Les unités d'occupation des terres situées sur la diagonale sont celles dont les superficies sont restées stables. Il s'agit de celles dont les superficies n'ont subi aucun changement entre les deux dates. Les unités situées au-dessus de la diagonale sont celles qui ont connu une augmentation (gain) de leur superficie, tandis que celles en dessous sont celles qui ont subi des pertes. La matrice de transition des deux périodes (2002 à 2013) et (2013 à 2023) concernées est ainsi représentée dans le tableau III et IV

Tableau III: Matrice de transition des unités d'occupation des terres de 2002 à 2013

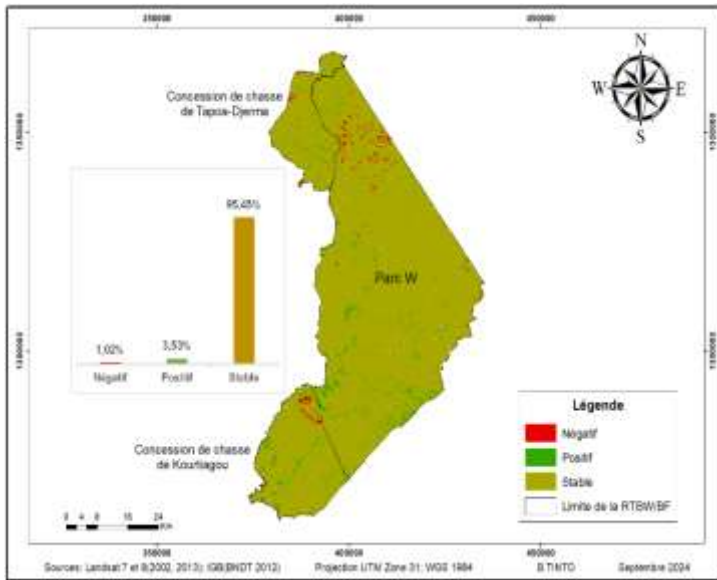
Unités 2002 (ha)	Unités 2013 (ha)							Total (ha)
	Ca	Fg/Fr	SA	Sah	Sn	Se	Zh	
CAT	501,81	0,00	0,81	238,55	1,71	0,00	0,00	742,88
Fg/Fr	0,00	230,80	154,91	417,95	0,09	27,77	6,98	838,50
Sa	1,17	58,32	4 952,02	8621,96	2,07	37,38	23,77	13 696,70
Sah	1 023,99	61,38	10 510,52	282 610,62	2 157,57	19,01	12,20	296 395,29
Sn	24,15	0,00	34,13	471,99	90,02	0,00	0,00	620,29
Se	0,00	0,00	7,16	14,64	0,00	0,94	0,00	22,74
Zh	0,00	0,00	0,00	22,05	0,00	0,00	9,00	31,05
Total (ha)	1 551,12	350,50	15 659,55	292 397,76	2 251,46	85,09	51,95	312 347,43

Source : Traitement des images Landsat (7 et 8)

Le tableau III montre les variations enregistrées par les unités d'occupations des terres entre 2002 et 2013. Les Champs ont

enregistré un gain de 1 049,31 ha en superficie. 501,81 ha sont restés stables contre 241,07 ha de perte. Une proportion de 99,43 % de la baisse de la superficie des champs se sont convertie en Savane arbustive et herbeuse. Quant aux forêts galeries et formations ripicoles, les pertes sont plus importantes que les gains estimés à 119,7 ha. Elles ont perdu 608,51 ha sur la période de 2002 à 2013, soit 154,91 ha au profit de la savane arborée et 417,95 ha au profit de la savane arbustive et herbeuse. La Savane arborée est l'unité qui a plus gagné en termes de superficie au cours de la période de 2002 à 2013. Elle a gagné 10 551,81 ha contre une conversion de 8 621,96 ha en savane arbustive et herbeuse, 2,07 ha en sol nu, 37,38 ha en surface en eau et 23,77 ha en Zone humide. Une superficie de 282 610,62 ha soit 96,65 % de la superficie totale de la savane arbustive et herbeuse est restée stable contre 508,68 ha de gain. Cependant il y a eu une conversion de 2 157,57 ha de cette unité en sol nu, 19,01 ha en surface en eau et 12,20 ha en zone humide. Les surfaces en eau sont passées de 22,74 ha en 2002 à 85,09 ha en 2013 soit une hausse de 73,27 %. D'une manière globale on note que 95,45 % des unités sont restées stables, 3,53 % de perte et 1,02 % de gain entre 2002 à 2013 sur l'ensemble de la réserve. On constate que le changement est perceptible avec l'expansion des champs dans les zones de concessions et la conversion des savanes arbustives et herbeuse en zone dénudée dans la partie nord du parc W à proximité de la concession de Tapoa-Djerma. La figure 4 illustre mieux les différents changements spatiaux des unités d'occupations de 2002 à 2013.

Figure 4 : Etat des changements des unités d’occupation des terres de la RTBW/BF de 2002 à 2013



Le tableau IV indique les différentes mutations des unités d’occupations des terres au cours de la période de 2013 à 2023. On constate une augmentation considérable de la superficie des champs contrairement à la période précédente. La superficie des champs est passée de 1 551,12 ha en 2013 à 7 278,13 ha en 2023 soit une hausse de 80,82 %. On note une conversion considérable de 5 727,87ha de savanes arbustives et herbeuses en champs. Aussi les savanes arborées ont connu une hausse de 78,25 %. Cette hausse est due en grande partie à la conversion de 19 476,39 ha de savane arbustive et herbeuse en savane arborée. Les forêts galeries et formations ripicoles sont passées de 350,50 ha en 2013 à 854,16 ha en 2023 soit une hausse de 71,60 %. Cela, grâce à 488,40 ha de savanes arbustives et herbeuses et 102,44 ha de savanes arborées converties en forêts galeries et formations ripicoles. Les surfaces en eau et les zones humides sont restées respectivement stable. Les savanes arbustives et herbeuses ont connu

une baisse au cours des périodes de 2002 à 2013 et de 2013 à 2023 avec une conversion observée au profit des autres unités comme les champs et les savanes arborées. Globalement on note que 90,84 % des unités sont restées stables, 6,90 % de gain et 2,26 % de perte entre 2013 et 2023 sur l'ensemble de la réserve.

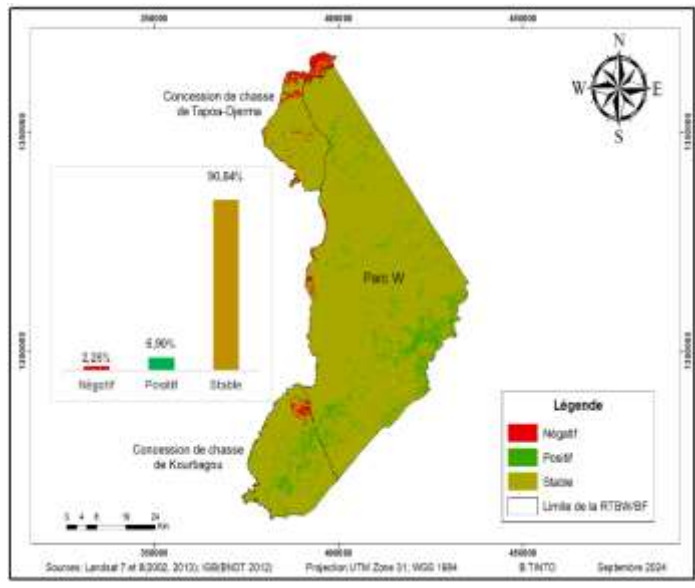
Tableau IV: Matrice de transition des unités d'occupation des terres de 2013 à 2023

Unités 2013 (ha)	Unités 2023 (ha)							Total 2023
	CAT	Fg/Fr	SA	Sah	Sn	Se	Zh	
CAT	1 395,66	0,00	0,00	142,42	20,50	0,00	0,00	1 558,58
Fg/Fr	0,02	242,52	46,87	50,88	0,00	0,00	0,00	340,29
SA	96,84	102,44	5 369,97	9 977,97	1,17	14,55	3,89	15 566,83
Sah	5 727,87	488,40	19 476,39	265 572,31	1230,26	61,23	48,99	292 605,45
Sn	35,68	0,00	0,00	2 077,26	138,52	0,00	0,00	2 251,46
Se	22,05	20,80	2,18	36,03	0,27	2,90	0,58	84,81
Zh	0,00	0,00	14,85	37,08	0,00	0,00	0,00	51,93
Total 2013	7 278,13	854,16	24 910,26	277 893,95	1 390,71	78,68	53,47	312 459,35

Source : Traitement des images Landsat 8

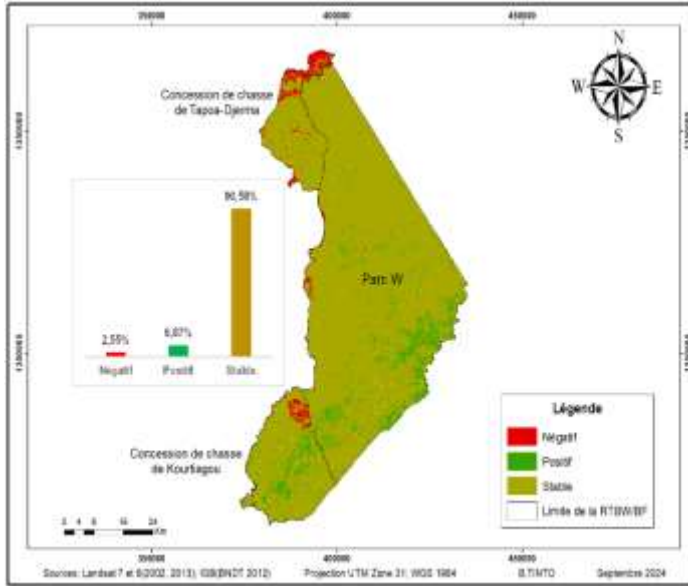
On observe à travers la figure 5 que le changement négatif a été poursuivi dans les zones de concessions à travers l'expansion toujours des champs au détriment des savanes arbustives et herbeuses. Par contre dans le parc W, les unités sont restées relativement stables. On observe que dans la partie Est du parc à la limite du fleuve de la pendjari, il y a un changement positif à travers une conversion de savanes arbustives en savanes arborées et de la savane arborée en forêt galerie. Cependant dans sa partie Ouest à la limite avec les concessions de chasse et la commune de Diapagaa on note un changement négatif à travers la présence de champs.

Figure 5 : Etat des changements des unités d'occupation des terres de la RTBW/BF de 2013 à 2023



Sur l'ensemble de la période étudiée, 90,58 % des unités sont restées inchangées. Cette stabilité est observée au niveau de la savane arborée et la savane arbustive et herbeuse particulièrement dans le parc W ; 6,87 % de changement positif avec la conversion de la savane arbustive en savane arborée toujours dans le parc. En revanche 2,55 % de baisse de superficie a été constaté avec le changement négatif de savane arbustive et herbeuse en champs surtout dans les deux concessions de chasse. La figure 6 résume la mutation globale des unités d'occupation des terres dans la RBTW/BF intervenues au cours des 21 années couvrant la période d'étude (2002 à 2023).

Figure 6 : Etat des changements des unités d'occupation des terres de la RTBW/BF de 2002 à 2023



2.5. Influence du terrorisme sur la dynamique globale des ressources forestières dans la RBTW/BF

Le domaine de la foresterie est l'un des secteurs les plus touchés par l'avènement du terrorisme. Les forêts sont devenues des refuges des groupes armés terroristes. Cela a entraîné le départ de certains services de l'environnement chargés de la gestion de ces dites forêts. Cette situation pourrait avoir des impacts sur la dynamique des ressources forestières. Notre étude a révélé que le taux de changement (tc) annuel des champs a plus que doublé entre 2013 et 2023 (période couvrant le terrorisme) comparativement à la période d'avant le terrorisme (2002 et 2013). D'un taux de 6,74 % dans la période d'avant terrorisme, il est passé à 15,41 % dans la période couvrant le terrorisme. Ainsi le déplacement interne des populations en raison du terrorisme pourrait accentuer la pression et favoriser l'expansion rapide des champs surtout dans les périphéries du parc W comme l'indique la figure 3.

Selon un témoignage sur le terrain, au début du terrorisme, certaines populations locales pactiseraient avec les groupes armés terroristes pour l'exploitation des ressources forestières dans les zones de concessions du parc W. Notons également que le retrait partiel et total des gestionnaires pourrait créer un vide en termes de contrôle et de répression des infractions liées à l'exploitation de la réserve à des fins agricoles. La progression du taux d'évolution annuel des savanes arborées a nettement évolué en période couvrant le terrorisme (4,71 %) qu'en période de sécurité (1,16 %). Aussi les forêts galeries et formation ripicoles qui étaient en régression (8,22 %) entre 2002 à 2013 (période de sécurité) sont en progression (9,22 %) entre 2013 à 2023 (période d'insécurité). Ces résultats montrent que l'aire centrale (parc W) de la réserve n'a pas subi de pression anthropique depuis le début du terrorisme. Elle semble être occupée par les groupes armés terroristes et donc pourrait réduire la pression anthropique et favorisé la restauration rapide de la végétation. Ce qui pourrait justifier cette amélioration du couvert végétal dans le parc W. Au regard de ce qui précède, on pourra noter que le contexte du terrorisme influence l'expansion rapide des superficies agricoles dans la zone tampon et la restauration du couvert végétal à l'intérieur du parc W. Les résultats de la cartographie des feux de brousse montrent la présence de feux dans la RBTW/BF avec une moyenne de 147 774,97 ha depuis l'absence d'application des feux précoces ou feux d'aménagement par les gestionnaires. Ces feux de brousse non contrôlés peuvent causer d'énormes dégâts d'une part sur la dynamique des ressources forestières et d'autre part la destruction des habitats de la faune. Le braconnage pratiqué par les terroristes et les interventions des drones dans la RBTW/BF pourraient contraindre les populations animales de la RBTW/BF à migrer vers les zones plus sûres notamment, les parcs nationaux voisins où règne plus de quiétude.

3. Discussion

La télédétection, de par sa capacité à fournir une information spatiale synoptique sur l'état et la dynamique de la végétation à partir des images satellitaires, constitue un outil précieux pour le suivi des ressources forestières des aires protégées. La plupart des études sur les dynamiques du couvert végétal dans la zone d'étude se sont réalisées

avant l'avènement du terrorisme. C'est le cas de Sawadogo (2012), Gansaonré (2018), Gansaonré *et al.*, (2020). Il convient alors d'étudier la dynamique de la végétation de la réserve dans le contexte du terrorisme et en l'absence des gestionnaires de cette entité, afin d'appréhender les changements actuels. L'approche cartographique est l'une des méthodes les plus performantes pour étudier la dynamique spatiale et temporelle des unités d'occupation des sols (Mamane *et al.*, 2018). Plusieurs auteurs (Avakoudjo *et al.*, 2014; Orekan *et al.*, 2019; Adjonou *et al.*, 2019; Biga *et al.*, 2020) utilisent dans la cartographie classique l'approche qui combine les images satellitaires et les vérités terrain pour élucider l'impact des activités anthropiques sur les écosystèmes (Azizou *et al.*, 2021). Dans le cadre de cette étude, du fait de l'inaccessibilité du terrain en raison de l'insécurité, nous n'avons pas pu réaliser des missions de terrain pour la validation de la photo-interprétation des images Landsat. En effet, l'une des particularités de notre étude est de contribuer à proposer une alternative de suivi de la dynamique de la végétation des aires protégées du pays à distance, en cas de crise comme celle de l'insécurité qui ne permet pas d'avoir accès à ces entités. Pour ce faire, les outils de télédétection (images landsat, NDVI, MODIS, google earth et BingMap), ainsi que les données cartographiques utilisées pour la cartographie de la dynamique de l'occupation des terres du parc W permettent d'obtenir un niveau de détail spatial et thématique relativement satisfaisant des données cartographiques produites.

Ainsi, les résultats de la dynamique de l'occupation des terres de 2002 à 2023 ont montré deux tendances. Une première tendance, indique une régression des superficies forestières au profit des champs particulièrement dans les zones de concessions de chasse (Tapoa-Djerma et de Kourtiagou). Cette tendance est plus observée sur la période, couvrant celle du terrorisme (2013 à 2023) avec un taux de conversion de 15,41 % par rapport à celle de 2002 à 2013 (6,74 %). La deuxième tendance montre une nette amélioration du couvert végétal surtout à l'intérieur du parc W. Il ressort effectivement des analyses spatiales, une conversion remarquable des savanes arbustives et herbeuses en savanes arborées et une sorte de restauration des forêts galerie. Ces résultats sont similaires à ceux de Gansaonré, (2018), Gansaonré *et al.* 2020 dans le parc w du Burkina Faso et de ses périphéries, d'Avakoudjo *et al.* 2014 dans le parc w du Benin, Orekan

et al., 2019 dans le parc w du Benin et de la réserve de biosphère transfrontalière du momo au Togo, Mamane *et al.* 2018 dans la réserve de biosphère transfrontalière du W du Niger.

Le taux d'évolution annuel des champs est en progression de 10,87 % entre 2002 à 2023. Il est plus observé dans les zones de concessions (figure 6). Ce taux est proche de celui de Gansaonré ; 2018 (8,8 %) dans le parc W et ses périphéries et de Mamane *et al.* 2021 (6,5 %) dans la réserve totale de faune dans l'ouest du Niger. L'expansion des superficies des champs s'expliquerait par l'accroissement démographique des populations, le déplacement interne des populations vers les communes périphériques à la réserve pour des raisons sécuritaires. Outre cela, l'absence des gestionnaires pourrait réduire les contrôles. Cela a pour corollaire la tendance à l'occupation anarchique de l'espace et une surexploitation des ressources. Selon le BERD (2016) de la réserve, la dégradation des ressources de la RBTW/BF pourrait prendre des proportions inquiétantes du fait de la pleine croissance de la culture cotonnière dans la zone. Cela a été soutenu par les travaux de Gansaonré *et al.* 2020 réalisé dans la zone. Pour ces auteurs, l'augmentation de la population, les mouvements migratoires et la politique agricole instaurée autour des années 2000 ont alors favorisé l'expansion de la culture cotonnière, ce qui explique l'importance de l'évolution des superficies agricoles et la réduction des superficies du couvert végétal. A la périphérie du Parc W du Bénin et du Niger, de fortes dégradations du couvert végétal principalement dues à des facteurs anthropiques sont aussi notés par Avakoudjo *et al.*, (2014). Ainsi, la dégradation du couvert végétal aux périphéries des parcs nationaux du w est un phénomène commun à l'ensemble du complexe WAP. Des études similaires réalisées dans les régions des Hauts Bassins, de la Boucle du Mouhoun, du Centre Ouest et des Cascades soutiennent cela. C'est le cas de Bayiré (2016), Sanou (2020) qui, à travers leurs études réalisées dans la forêt classée de Dindéresso et de la commune de Bobo-Dioulasso ont montré que les superficies forestières des forêts classées étaient en régression au profit des champs. Cette tendance a été observée dans les régions de la Boucle du Mouhoun à travers l'étude sur la dynamique des formations végétales et du potentiel ligneux de la forêt classée de Kari de Sawadogo (2020), du Centre Ouest avec et des Cascades avec Gnoumou *et al.*, (2021) sur la dynamique spatio-temporelle de la

réserve de la Comoé-Léraba et de ses terroirs environnants. Tous ces auteurs ont montré que la croissance démographique est un facteur qui explique l'évolution croissante des superficies agricoles malgré les efforts consentis par les structures en charges de la gestion desdites aires protégées.

Conclusion

L'analyse diachronique a montré une variation importante des unités d'occupation des terres surtout dans la seconde période (2013 à 2023). Ainsi, les résultats ont révélé une restauration des forêts galeries et formation ripicoles qui étaient en régression dans la période 2002 à 2013. Cette restauration a été aussi constatée dans les savanes arborées. Le taux de changement annuel des savanes arborées a nettement progressé (4,71 %) en période d'insécurité contre 1,16 % en période de sécurité. Cependant, il y a une régression des superficies des unités comme savanes arbustives et herbeuse au profit des zones agricoles. Le taux d'évolution annuel des champs a plus que doublé sur la période couvrant le début du terrorisme. De 6,74 % entre 2002 à 2013 (période de sécurité), il est passé à 15,41 % entre 2013 à 2023 (période d'insécurité). Cette augmentation de la superficie des champs perceptible à travers la cartographie est surtout observée dans la zone tampon (concessions de chasse de Tapoa-Djerma et de Kourtiagou) en périphérie du Parc W. A l'absence totale de gestionnaire dans la réserve du fait du terrorisme, on a enregistré 150 050,4 ha en 2022 et 145 499,56 ha en 2023 de feux de brousse. Depuis l'avènement du Mouvement Patriotique pour la Sauvegarde et la Restauration (MPSR 2) en septembre 2022, l'armée Burkinabè procède de plus en plus à des frappes de drones contre les groupes armés terroristes surtout dans les aires protégées. Ces frappes de drones pourraient être la cause de présence de feux dans la RBTW/BF.

Les résultats de notre étude constituent une base d'informations judicieuses sur la situation de cette aire protégée, qui seront mises à la disposition de l'administration forestière et de ses partenaires. Ces informations sont également des outils d'aide à la prise de décision, pouvant permettre particulièrement au service forestier d'anticiper sur la planification d'actions de conservation de cette entité, dans la mesure où cette zone est appelée à être débarrassée de ces terroristes.

Références bibliographiques

ADJONOU, K., Bindaoudou, I.A.-K., Idohou, R., Salako, V., Glele-Kakaï, R., Kokou, K. (2019). « Suivi satellitaire de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres dans la réserve de biosphère transfrontière du Mono entre le Togo et le Bénin de 1986 à 2015 », in: B, M., Orekan, V. (Eds.), Conférence OSFACO : Des Images Satellites Pour La Gestion Durable Des Territoires En Afrique, *Actes de La Conférence OSFACO : Des Images Satellites Pour La Gestion Durable Des Territoires En Afrique*. Cotonou, Benin, p. 25.

AVAKOUDJO Julien, Adi MAMA, Ismaïla TOKO, Valentin KINDOMIHOU et Brice SINSIN (2014). « Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8, 2608–2625. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.22>

AZIZOU, E.-H.I., Gbemavo, D.S.J.C., Hounkpevi, A., Mensah, G.A., Sinsin, B., 2021. Pressions anthropiques et dynamique des habitats naturels de la Réserve Transfrontalière de Biosphère du W-Bénin. *Ann. L'Université Parakou-Sér. Sci. Nat. Agron.* 11, 1–14.

BAYIRE F. X. W. (2016). Étude diachronique des changements du couvert végétal dans les écosystèmes forestiers par télédétection spatiale et par suivi au sol : Cas de la forêt classée de Dindéresso. Mémoire de fin de cycle Inspecteur des eaux et forêts, ENEF, 103 p.

BASSINGA, H., Barry, O. (2023). Collectes de données et crises sécuritaires en Afrique : défis et stratégies Expérience du Burkina Faso, 15 p.

BERNIER Bernard (1992). Introduction à la macroéconomie. Dunod, Paris, 217 p.

BERD, 2016. Plan d'aménagement et de gestion de la réserve de biosphère transfrontalière du W (2016-2025,) versions finale. 176 p.

BIGA, I., Amani, A., Soumana, I., Bachir, M., Mahamane, A. (2020). « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols des communes de Torodi, Gothèye et Tagazar de la région de Tillabéry au Niger ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14, 949–965.

ENGELS Bettina (2021). Gestion de la crise sécuritaire au Burkina Faso : Perspectives de développement et de la société civile en matière de prévention des crises. Rapport de documents de recherche rls: études sur la paix et les conflits en Afrique de l'ouest et en Afrique centrale 40 p.

GANSAONRE R. Noël (2018). « Dynamique du couvert végétal et implications socio-environnementales à la périphérie du parc W/Burkina Faso. » *Vertigo*, - Rev. *Électronique En Sci. Environ.* <https://doi.org/10.4000/vertigo.20249>

GANSAONRÉ R. Noël , Zoungrana Benewindé Jean Bosco et Yanogo P. Isidore (2020). « Dynamique du couvert végétal à la périphérie du Parc W du Burkina Faso ». *Belgeo* [En ligne], 1 | 2020, mis en ligne le 12 juin 2020, consulté le 19 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/40786> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/belgeo.40786>

GNUOMOU, A., Adouabou, A.B. (2021). « Étude de la dynamique spatio-temporelle de la réserve de la Comoé-Léraba et de ses terroirs environnants (Burkina Faso, Afrique de l'Ouest): Spatial and temporal dynamics of the vegetation of Comoé-Léraba reserve and its surrounding lands (Burkina Faso, West Africa). » *J. Appl. Biosci.* 157, 16213–16222.

HEMA Emmanuel M., Lamoussa HEBIE, Youssouf SANOU (2012). Protocoles et plans d'actions de suivi écologique dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W du Burkina Faso 171.

MAMANE B., Amadou, G., Barage, M., Comby, J., Ambouta, J.M.K. (2018). « Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger) ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12, 1667–1687.

MEEVCC (2019). Stratégie nationale en matière d'environnement (SNE) 2019-2023. Rapport, 87 p + annexes Organisation des Nations Unies, 1992. Convention sur la diversité biologique, 30 p.

OREKAN V.O.A., Plagbeto, H., Edea, E., Sossou, M. (2019). Évolution actuelle des écosystèmes de mangrove dans le littoral béninois, in : Mertens, B., Orekan, V. (Eds.), Conférence OSFACO : Des Images Satellites Pour La Gestion Durable Des Territoires En

Afrique, *Actes de La Conférence OSFACO : Des Images Satellites Pour La Gestion Durable Des Territoires En Afrique*. Cotonou, Benin.

PONTIUS R.G. (2000). "Quantification error versus location error in comparison of categorical maps", *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 66, 8, pp. 1011-1016.

SALOMON, W., Sikuzani, Y.U., Kouakou, A.T.M., Barima, Y.S.S., Theodat, J.M., Bogaert, J. (2021). Cartographie et quantification de la perte du couvert forestier dans les parcs nationaux du Sud de la République d'Haïti de 1985 à 2018 : rôle des activités agricoles locales. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15, 477–496. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i2.9>

SANOU K.M. (2020). Analyse spatio-temporelle de la dégradation des ressources forestières dans la commune urbaine de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. Mémoire de master professionnel, institut panafricain pour le développement Région Afrique de l'Ouest et Sahel. 93 p +annexes

SAWADOGO I. (2012). Ressources fourragères et représentations des éleveurs, évolution des pratiques pastorales en contexte d'aire protégée : Cas du terroir de Kotchari à la périphérie de la réserve de biosphère du W au Burkina Faso, *Environnement et Société*, Museum national d'histoire naturelle, 338 p.

SMETS B., Tim J., Verger A. (2018). Fraction de rayonnement photo synthétiquement actif (FAPAR), fraction de couverture végétale (Fcover) collecte 300m, version 1. GIOGL1_PUM_LAI300m-V1. 41 p.

SP-REDD+ (2023). Rapport d'étude sur l'utilisation de l'outil collect earth pour la production des statistiques de l'occupation /l'utilisation des terres au Burkina Faso. 41p

VITAL J.A. (2008). Land use/cover change using remote sensing and geographic information systems: Pic Macaya National Park, Haiti.

ZOUNGRANA B.J., Conrad, C., Amekudzi, L.K., Thiel, M., Da, E.D., Forkuor, G., Löw, F. (2015). Multi-temporal landsat images and ancillary data for land use/cover change (LULCC) detection in the Southwest of Burkina Faso, West Africa. *Remote Sens.* 7, 12076–121