



HAL
open science

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

Kossi Adjonou, Issa Abdou-Kerim Bindaoudou, Rodrigue Idohou, Valère Salako, Romain Glele-Kakaï, Kouami Kokou

► To cite this version:

Kossi Adjonou, Issa Abdou-Kerim Bindaoudou, Rodrigue Idohou, Valère Salako, Romain Glele-Kakaï, et al.. 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. Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Mar 2019, Cotonou, Bénin. hal-02174848v1

HAL Id: hal-02174848

<https://hal.science/hal-02174848v1>

Submitted on 5 Jul 2019 (v1), last revised 17 Jul 2019 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

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

ADJONOU Kossi *

Faculté des Sciences, Université de Lomé ; 01 BP : 1515 Lomé-Togo ; Email : kossiadjonou@hotmail.com;

BINDAOUDOU Issa Abdou-Kérim

Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 01 BPV 34 Abidjan 01, Abidjan-Côte d'Ivoire ; Email : kerimoss2000@yahoo.fr;

IDOHOU Rodrigue

Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 B.P. 2819, Cotonou – Bénin ; Email : rodrigidohou@gmail.com;

SALAKO Valère Kolawole

Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 B.P. 2819, Cotonou – Bénin ; Email : salakovalere@gmail.com;

GLELE-KAKAÏ Romain

Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 B.P. 2819, Cotonou – Bénin; Email: glele.romain@gmail.com;

KOKOU Kouami

Faculté des Sciences, Université de Lomé; 01 BP: 1515 Lomé-Togo; Email: kokoukouami@hotmail.com;

* Auteur correspondant: kossiadjonou@hotmail.com

Mots clés

Télédétection, images satellitaires, dynamique spatiale, statistiques environnementales, surveillance écologique, Togo, Bénin

Keywords

Remote sensing, satellite images, spatial dynamics, environmental statistics, ecological monitoring, Togo, Benin

Résumé

La Réserve de biosphère transfrontière de Mono située entre le Bénin et le Togo regorge d'importantes ressources végétales et animales associées à une diversité d'écosystèmes aux fonctions multiples. La réserve est confrontée à de nombreuses menaces qui exercent de fortes pressions sur les ressources naturelles et accentuent la dégradation et la fragmentation de l'habitat, l'érosion de la biodiversité et la réduction des services écosystémiques. La présente étude vise à établir la situation de référence en matière d'occupation du sol et analyser la dynamique spatiale des occupations du sol sur une période de 30 ans (1986-2015). Elle vise également à évaluer les trajectoires des différents changements intervenus au sein des unités d'occupation du sol dans cette zone où le changement d'affectation des sols a pris une ampleur sans précédent ces dernières décennies. L'analyse diachronique de la couverture végétale basée sur l'exploitation des images satellitaires Landsat (1986 et 2000) et Sentinel 2A (2015) couplées aux investigations de terrain, a montré un taux de régression des zones humides (23%), des savanes (16,06%) et de la forêt semi-décidue (7,60%). En revanche, les occupations telles que les mosaïques cultures/jachères, les agglomérations/sol nu et les plantations forestières indiquent une augmentation de leur superficie estimée respectivement à 128,64%, 93,94% et 45,23%. Il est à noter que le phénomène de dégradation des écosystèmes s'est accentué entre 2000 et 2015 avec une plus grande anthropisation des domaines forestiers et des savanes boisées et leur conversion en zones à faible couverture végétale. Malgré ces conversions changements observés, la réserve est restée largement couverte de végétation naturelle et possède encore un bon potentiel pour la conservation de la biodiversité.

Abstract

The Mono transboundary biosphere reserve located between Benin and Togo has significant plant and animal resources associated with diverse multi-function ecosystems. It faces many threats that put severe pressure on natural resources and accentuate habitat degradation and fragmentation, erosion of biodiversity and reduction of ecosystem services. The purpose of this study is to establish the baseline of land use and analyse the spatial dynamics of land use over a 30-year period (1986-2015). The study also aims to assess the trajectories of different changes within land use units in this area where land use change has increased to an unprecedented extent in recent decades. The diachronic analysis of land cover based on satellites images analysis (1986, 2000 and 2015) coupled with field investigations, showed a regression rate for wetlands (23%), savannas (16.06%) and the semi-deciduous forest (7.60%). In contrary, occupations such as mosaic crops/fallow land, urban agglomerations/bare soil and plantation point to an increase in their area estimated at respectively 128.64%, 93.94% and 45.23%. It noted that the phenomenon of ecosystem degradation became much more pronounced over the period from 2000 to 2015 with a greater anthropization of forest domains and wooded savannas and their conversion into areas of low vegetation cover. Despite these changes and conversions observed, the reserve remained largely covered with natural vegetation and still has good potential for the conservation of biodiversity.

1. INTRODUCTION

Les conversions de la couverture végétale et les modifications dans les formes d'utilisation des terres ont été identifiées comme les facteurs majeurs des changements environnementaux à l'échelle mondiale (Minta et al., 2018 ; Zoungrana et al., 2018 ; Camacho et Pérez-Barachona, 2015). Ces conversions notamment le changement des domaines forestiers et/ou boisés en terres agricoles, sont généralement associés à des effets négatifs sur le climat, les réserves de carbone terrestres, la perte de la biodiversité (Sibanda et al., 2016; Sibanda et al., 2016 ; Dube et Mutanga, 2015 ; Muriuki et al., 2011). Elles entraînent également la fragmentation des habitats fauniques et une perturbation de l'écologie et des processus hydrologiques (Liu et al., 2008). Dans d'autres cas, les conversions ont entraîné une augmentation de l'érosion des sols, des températures à la surface des terres, une diminution des taux d'évaporation et des précipitations, ainsi qu'une modification des régimes de pluviométriques (Bounoua et al., 2002).

Ces observations sont d'autant plus vérifiées dans les zones à forte densité humaine et marquées par des conditions climatiques assez contrastées et une forte demande en terres cultivables. Ces caractéristiques correspondent à celles de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du Mono (RBTM) située dans le couloir de Dahomey à la frontière sud entre le Bénin et le Togo. Cette zone regorge d'importantes ressources végétales et animales associées à une diversité d'écosystèmes aux fonctions multiples (Adjonou et al., 2017 ; Kokou et Sokpon, 2006). Ces écosystèmes constituent des habitats uniques dans la région fortement anthropisée et constituent de nos jours les derniers refuges pour la faune sauvage très diversifiée en zone Guinéo-Congolaise. Ils abritent les espèces telles que l'hippopotame, le buffle, les petites antilopes, les singes, les reptiles menacées de disparition, le singe à ventre rouge (*Cercopithecus erythrogaster erythrogaster* Gray) qui est un primate endémique du Couloir sec de Dahomey (Agbessi et al., 2017; Houngbédji, 2012).

Cependant, plusieurs facteurs menacent la diversité biologique au sein et autour de cette réserve. Il s'agit notamment de l'exploitation anarchique des ressources, la fragmentation des habitats, la pollution et les modifications des paramètres climatiques (Kpedenou et al., 2016). Tout ceci induit de fortes pressions sur la dynamique de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres. La prise en compte et la maîtrise de tous ces facteurs permettront la conservation efficace des écosystèmes et la biodiversité associée. Malheureusement, les écosystèmes et leur dynamique de même que les habitats et les formes d'occupations du sol dans la zone sont actuellement peu documentés (Bouko et al., 2007). Par ailleurs, aucune situation de référence en termes d'occupation du sol de la réserve fondée sur des bases scientifiques n'est actuellement disponible. Ces informations sont pourtant nécessaires afin d'assurer une gestion durable des écosystèmes et la biodiversité associée.

Dans ce paysage qui subit des conversions des formes d'occupation de sol, il est nécessaire d'étudier la nature, l'étendue et la structure de ces conversions. Cela permet d'évaluer les changements qui en résultent dans le couvert forestier, d'en déduire les conséquences, afin d'élaborer des stratégies durables de conservation de la biodiversité. La dynamique de l'occupation et l'utilisation du sol constitue un intrant essentiel pour mettre en place une base de données environnementale fiable nécessaire pour des applications allant de la production de statistiques environnementale, du suivi de la couverture forestière, de l'identification des sites de conservation de la biodiversité, l'évaluation de l'indice de dégradation des terres et la modélisation de leur dynamique spatiale pour des projections des années futures (Padonou et al., 2017; Oloukoi et al., 2006 ; Bouko et al., 2007).

Dans cet article, le traitement des données satellitaires couplées aux investigations de terrain, a permis d'établir la situation de référence en termes d'occupation de sol, d'analyser ensuite leur dynamique spatio-temporelle sur une période de 30 ans (1986 à 2015). Les principaux résultats portent sur l'identification des trajectoires des changements opérés au sein des unités d'occupations des terres surtout dans cette zone de la réserve où le changement d'occupation du sol a pris une ampleur sans précédent au cours des décennies récentes.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Zone d'étude

La Réserve de Biosphère Transfrontalière du Mono (RBTM) est située à la frontière sud entre le Bénin et le Togo. Elle est localisée entre 6° 8' 52.8" et 7° 3' 41.8" de latitude Nord et entre 1° 24' 18.2" et 1° 30' 0.0" de longitude Est (Figure 1). Elle couvre une superficie totale de 3457,22 km² (GIZ, 2016). La réserve est située dans le couloir sec dahoméen qui sépare la ceinture des forêts denses humides ouest africaines en deux blocs: les blocs forestiers guinéens (occidental) et congolais (oriental). Cette discontinuité est caractérisée par des mosaïques de forêts denses semi-décidues, des savanes guinéennes, des prairies marécageuses, des marais, des mangroves et des plans d'eau, des mosaïques de champs et jachères. La zone est marquée par une forte densité de la population estimée entre 300 à 350 habitant/km² (426 hab./km² pour l'ensemble de la région Maritime) et les pratiques agricoles généralement adoptés par les populations conduisent les paysans à exploiter les terres forestières plus fertiles et les terres marginales des zones humides (Adjonou et al., 2013).

Selon le système de la classification du climat de Köppen-Gieger, la zone de la réserve se retrouve dans la zone tropicale humide caractérisée par la succession annuelle de quatre saisons dont deux sèches s'étalant de novembre à mars et de juillet à septembre ; et, deux pluvieuses allant de mars à juillet et de septembre à novembre. La pluviométrie varie entre 850 mm et 1250 mm par an avec des hauteurs moyennes mensuelles maximales de pluies autour de 222,57 mm pendant la grande saison et de 88,30 mm pour la petite saison (octobre). La température maximale moyenne est de 31,25°C entre décembre et avril, et la minimale de 28°C entre juillet-septembre.

2.2. Démarches méthodologiques

2.2.1. Sources de données utilisées

Deux sources de données ont été utilisées pour établir la situation de référence de la RBTM et l'analyse de la dynamique des unités d'occupation de sol. Il s'agit notamment de deux images satellitaires Landsat (TM de 1986 et ETM+ de 2000) et une image satellitaire Sentinel 2A de 2015 (année 2015 considérée comme année de référence). Les scènes ont été choisies en saison sèche où la couverture nuageuse est réduite au maximum à cause des variations de phase phénologique de la végétation (Clerici et al., 2007). Des données cartographiques constituées d'une couche numérique géoréférencée du Togo et du Bénin comprenant essentiellement les réseaux routiers et les entités administratives et les localités dans les deux pays ont également été utilisées. Les données GPS issues du terrain et Google Earth Pro ont été aussi utilisées pour compléter les informations.

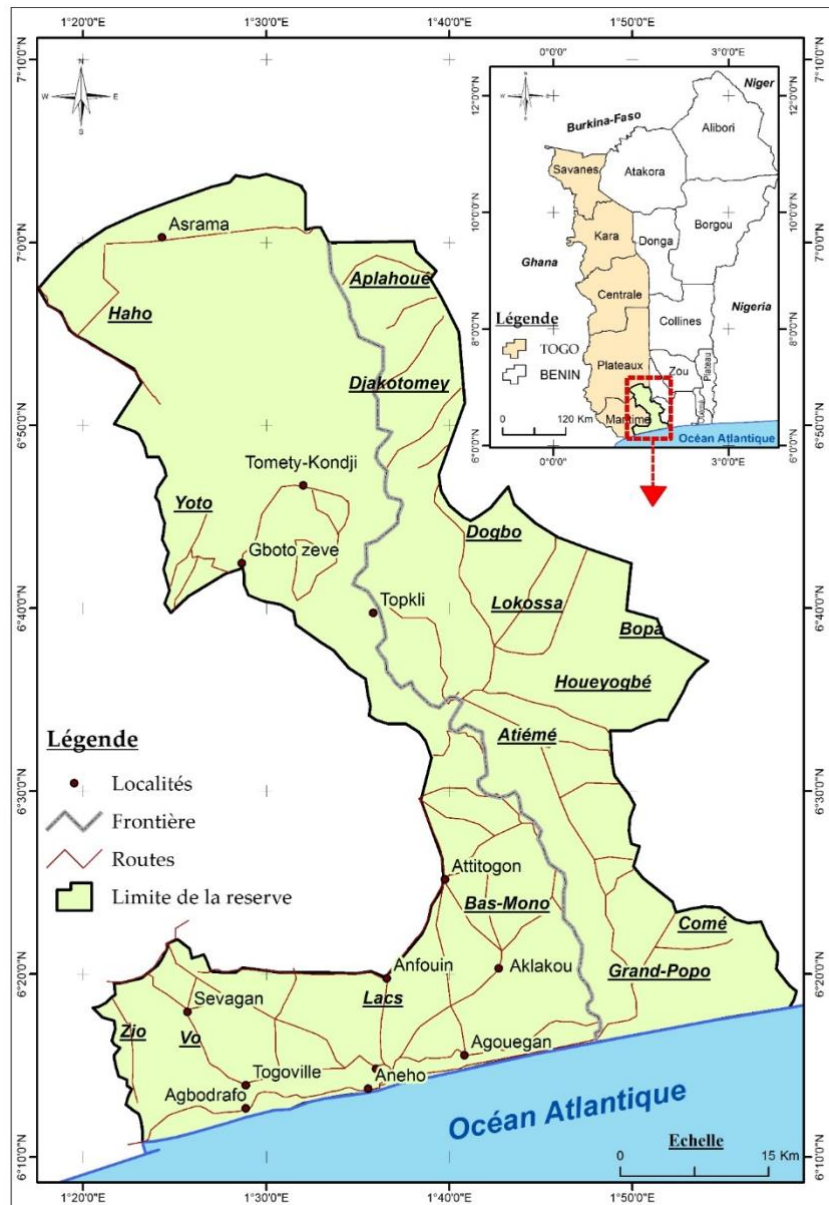


Figure 1: Localisation de la réserve de biosphère transfrontalière du Mono (Source: GIZ, 2016)

2.2.2. Analyses et traitements des données

a) Traitements des images satellitaires

Plusieurs étapes ont été observées pour le traitement des images satellitaires (Figure 2):

- **Prétraitement des images:** elle a consisté tout d'abord à la correction radiométrique des images Landsat TM, ETM+ et Sentinel 2A afin de corriger les éventuels biais atmosphériques et de passer de valeur de pixel en compte numérique en valeur de réflectance. Cette opération est complétée par le mosaïquage des deux scènes d'images Sentinel 2A afin d'obtenir une seule scène pouvant permettre d'extraire plus facilement la zone d'étude;
- **Composition colorée:** au terme de plusieurs combinaisons, la composition colorée TM et ETM+ des bandes 4-5-7 a été choisie pour les images TM et ETM+ et les bandes 4-3-2 pour l'image Sentinel 2A, car elle présente les meilleures discriminations des types d'occupation du

sol (Sarr, 2009). Cette opération est complétée par le choix des sites d'entraînement. Ceci a consisté à identifier et délimiter une centaine de parcelles représentant tous les types d'occupation du sol sur les compositions colorées TM et ETM+ et de l'image Sentinel 2A. Ces sites ont été choisis en fonction de leur répartition spatiale;

- **Classification et évaluation:** elle a consisté à la transformation des images sous forme de carte thématique. Elle s'est basée sur les propriétés spectrales pour rassembler les différents objets de l'image en classes thématiques. Pour ce faire, la classification supervisée a été adoptée (en raison d'une bonne connaissance de la zone d'étude) avec l'algorithme maximum de vraisemblance qui a été utilisée pour les images de 1986, 2000 et 2015 à partir de la composition colorée choisie à cet effet. Enfin, la précision des classifications obtenues a été évaluée à travers l'utilisation d'une matrice de confusion ou tableau de contingence provenant des relevés de données de vérité terrain (collectées à l'aide de GPS) et représentatifs de chaque classe d'occupation du sol préalablement définies.
- **Validation de la classification:** deux indices de validation de la classification ont été calculés; il s'agit notamment de la **précision globale** (caractérise la proportion de pixels bien classés, calculé en pourcentage) et l'**indice de Kappa** (caractérise le rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés (Skupinski et al., 2009)). En plus de ces indices, les données de vérité terrain ont également servi à la validation.

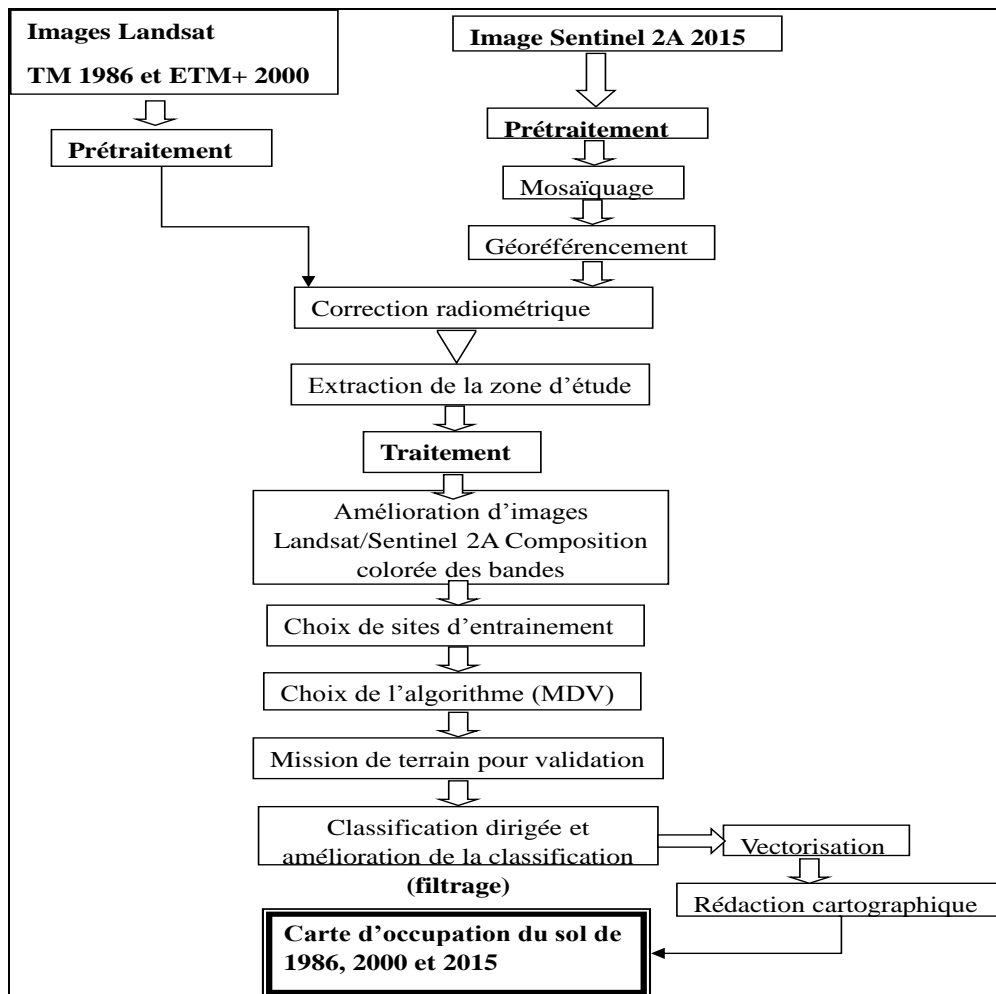


Figure 2

Synthèse de la méthodologie utilisée pour l'évaluation de la dynamique de l'occupation du sol dans la RBTM

b) Analyse de la dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol

Afin de caractériser au mieux la dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol et les modalités de transitions entre les différentes classes thématiques d'une année à l'autre, il a été effectué une analyse quantitative. A travers une comparaison post-classification, l'analyse quantitative des changements survenus sur toute la période d'étude a été réalisée afin d'identifier les différentes modifications intervenues au niveau des classes d'occupation et d'utilisation du sol. Elle produit une matrice de détection des changements issue de la comparaison entre les pixels des classifications entre deux dates (Girard et Girard, 1999). Cette analyse se fait par le calcul du taux de changement (Tc) couramment utilisé dans les études sur le changement d'occupation du sol (Achard et al., 2002; FAO, 1996).

Ce taux de changement s'évalue à partir de la formule suivante:

$$Tc = \left[\left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100$$

où: **Tc** = taux de changement (%); **S1** = superficie de la classe à la date t1; **S2** = superficie de la classe à la date t2 (t2 > t1) et **t** = nombre d'années entre les deux dates).

Les valeurs positives indiquent une "progression" et les valeurs négatives, une "régression". Les valeurs proches de zéro indiquent que la classe est relativement "stable".

Le taux annuel moyen de dégradation de la forêt (Kamungandu, 2009) est évalué à partir de la formule

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

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

L'élaboration de la matrice de transition a permis de mettre en évidence de façon condensée les différentes formes de conversion subies par les unités d'occupation de sol entre deux dates t1 et t2, et décrire les changements intervenus (Schlaepfer, 2002). Elle est obtenue par le croisement des cartes d'occupation du sol de 1986, 2000 et 2015, rendu possible par l'algorithme «*Intersect polygons*» de l'extension Geoprocessing sous ArcGIS 10.0.

L'analyse de l'évolution des trajectoires des changements intervenus au niveau des unités d'occupation du sol est fondée sur trois principaux cas de figure. Il s'agit notamment des «**modifications**» et des «**conversions**» de ces unités qui s'opposent aux situations «**sans changement**». Par «**modification**» il faut comprendre les changements intervenus à l'intérieur d'une même catégorie d'occupation du sol comme par exemple savane arbustive qui devient steppe arbustive ou vice versa. Tandis que la «**conversion**», est le passage d'une catégorie à une autre comme par exemple les terres forestières qui deviennent des surfaces cultivées. Le terme «**sans changement**» se rapporte à l'ensemble des classes qui sont restées dans la même classe entre les deux dates de l'étude, c'est-à-dire n'ayant été affectées par les conversions.

3. RESULTATS

3.1. Situation de référence des occupations des terres en 2015

Les résultats de traitements de l'image satellite Sentinel 2A de l'année 2015 pour établir la situation de référence de la réserve de biosphère transfrontalière du Mono (RBTM) sont obtenus avec une précision globale de 89,84% et un indice de Kappa évalué à 0,88. Ainsi, six (06) principales unités d'occupation de sol sont définies. Il s'agit notamment de (Tableau 1; Figure 2):

- **les formations forestières fermées:** elles sont composées des forêts denses semi-décidues, des forêts denses sèches des forêts claires et des galeries forestières et occupent une superficie totale de 6 835 ha (1,98%); ces formations se présentent sous forme de fragment d'îlots forestiers dispersés dans la réserve et les plus importants fragments en terme de superficie sont observés dans le complexe d'aires protégées de Togodo au Togo; les galeries forestières identifiées apparaissent parfois très denses mais de très faibles largeur de part et d'autre des cours d'eau notamment les galeries le long du fleuve Mono et les autres formations ripisylves sur les rives des autres cours d'eau;
- **les savanes sur terre ferme:** il s'agit des savanes boisées/arborées et arbustives qui sont localisées au Nord-ouest de la réserve et dont une grande proportion est encore relativement bien conservée dans le complexe d'aires protégées de Togodo au Togo. Elles occupent une superficie totale de 58 919 ha soit 17,0% de toute la réserve;
- **les mosaïques de cultures/jachères:** elles se composent des zones de cultures vivrières et des domaines préalablement cultivés et abandonnés ou envahis par des essences exogènes; ces mosaïques de cultures/jachères se retrouvent un peu partout dans toute la zone et occupent une superficie totale évaluée à 89 848 ha représentant 25,99% de toute la réserve;
- **les zones humides:** ces zones humides regroupent les mangroves, les savanes inondables à *Mitragyna inermis*, les prairies marécageuses et les plans d'eau. Elles sont situées au Togo dans les dépressions inondables de la Lama, du Mono, du Haho, du Zio et au Bénin dans les dépressions du Mono, de l'Ouémé, le Couffo et le Zou. Les zones humides et les formations végétales associées sont essentiellement localisées dans leur grande majorité dans la moitié sud de la réserve et occupent une superficie totale de 155 944 ha soit 45,11% de toute la réserve. Au sein de ces zones humides, les mangroves qui constituent des écosystèmes particuliers occupent une superficie évaluée à 83 ha (soit 0,02%) de la superficie de la réserve);
- **les plantations:** il s'agit des plantations d'arbres forestiers à base de teck (*Tectona grandis*), *Khaya senegalensis* et *Eucalyptus* sp., les plantations de palmier à huile (*Elaeis guinensis*) et les plantations de cocotier (*Cocos nucifera*). L'ensemble de ces plantations occupe une superficie totale évaluée à 19 028 ha (5,50%); les plantations forestières sont constituées de parcelles de taille variable (1 ha à quelques dizaines d'ha) et sont dispersées dans toute la zone de l'étude. En ce qui concerne les palmeraies, sa culture est très pratiquée dans ce milieu et elles occupent parfois de grandes superficies avoisinant parfois des centaines d'hectares à l'instar de la palmeraie industrielle localisée aux environs de Lokossa au Bénin et les palmeraies dans la zone autour de Kouvé au Togo. Les cocoteraies se retrouvent surtout dans la partie sud de la réserve tout le long du littoral aussi bien du côté du Togo que du Bénin ;
- **les agglomérations et sols nus:** cette unité regroupe les villes et villages et les zones à très faible couverture végétale notamment les carrières (sables et graviers) et les affleurements rocheux. Les agglomérations urbaines qui constituent les milieux densément peuplés, sont beaucoup plus concentrées dans la partie sud de la réserve tout le long du littoral. Certaines grandes agglomérations se retrouvent également au centre de la réserve. Elles occupent une superficie totale de 15 148 ha soit 4,38% de toute la zone d'étude.

Tableau 1
Occupations de sol dans la réserve de biosphère transfrontalière du Mono en 2015

Classe d'occupation de sol		Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Formations forestières fermées (forêt dense semi-décidue, forêt dense sèche, forêt claire et galerie forestière)		6 835	1,98
Savane sur terre ferme		58 919	17,04
Mosaïque de cultures/jachères		89 848	25,99
Zones humides	Savane inondable à <i>Mitragyna inermis</i>	105 233	30,44
	Prairie marécageuse	6 766	1,96
	Mangrove	83	0,02
	Plan d'eau	43 862	12,69
Plantations		19 028	5,50
Agglomération/Sol nu		15 148	4,38
Total		345 722	100

3.2. Dynamique spatio-temporelle des occupations de sol dans la réserve entre 1986 à 2015

L'évolution des unités d'occupation de sol dans la RBTM est établie au moyen de la superposition des cartes de trois différentes dates à savoir les années 1986, 2000 et 2015 ainsi que leurs statistiques respectives. Les informations obtenues à travers la superposition des cartes de trois différentes dates à savoir les années 1986, 2000 et 2015 ainsi que leurs statistiques respectives, indiquent que la zone a connu d'importantes modifications en termes d'occupation de sol sur la période de 30 ans (Tableau 2 ; Figure 2):

- Les formations forestières fermées et les savanes sur terre ferme ont connu entre 1986 à 2015 une régression de leurs superficies qui sont respectivement passées de 7 661 ha à 6 835 ha (représentant un taux de régression de 7,61%) et de 72 695 ha à 58 919 ha (soit une régression de 16,06%). Cette dynamique régressive observée au niveau de ces deux types d'occupation s'explique par les différentes formes de pressions anthropiques qu'ils subissent depuis ces dernières années.
- Les formations végétales composant les zones humides notamment les mangroves, les prairies marécageuses et les savanes inondables constituent les occupations de sol qui ont connu les plus importants taux de régression. Leurs superficies sont passées respectivement de 1 234 ha en 1986 à 83 ha en 2015 soit un taux de régression de 93% pour les écosystèmes de mangroves, de 63 149 ha en 1986 à 6 766 ha en 2015 soit une régression de 88,90% pour les prairies marécageuses et de 127 454 ha en 1986 à 105 233 ha en 2015 soit une régression de 14,49% pour les savanes inondables. Contrairement à cette dynamique de régression, les plans d'eau ont connu une évolution de leur occupation qui est passée de 11 217 ha à 43 862 ha soit une augmentation de 304,97% entre 1986 et 2015.
- Les occupations à faible couverture végétales (les plantations, les mosaïques de cultures/jachères, et les agglomérations/sol nu) ont connu une augmentation de leur superficie à des proportions variables. On peut déduire que la zone de la réserve connaît une anthropisation avec un accroissement des zones de culture de l'ordre de 128,64% et des agglomérations/sol nu de l'ordre de 94,93%. L'augmentation de la superficie des plantations dans la zone de la réserve sur la période de 30 ans (de 13 569 ha en 1986 à 19 028 ha soit 45,23%) est essentiellement liée aux différentes initiatives de reboisement réalisées par différents acteurs tels que les

ONG/Associations et les services de l'environnement; mais, surtout, à l'engouement des populations de cette région pour la reconstitution du couvert végétal et à la nécessité de satisfaire les besoins en produits ligneux.

Tableau 2

Variation des superficies des unités d'occupation de sol dans la réserve de biosphère transfrontalière du Mono entre 1986 et 2015

Classe d'occupation		Superficie en 1986 (Ha)	Superficie en 2015 (Ha)	Variation de superficies entre 1986 - 2015 (Ha)	Taux de changement entre 1986-2015 (%)
Formations forestières fermées		7 661	6 835	-826	-7,61
Savane sur terre ferme		72 695	58 919	-13 776	-16,06
Mosaïques de cultures/jachères		40 696	89 848	49 151	128,64
Zones humides	Savane inondable à <i>Mitragyna inermis</i>	127 454	105 233	-22 221	-14,49
	Prairie marécageuse	63 149	6 766	-56 383	-88,90
	Mangrove	1 234	83	-1 150	-93,00
	Plan d'eau	11 217	43 862	32 645	304,97
Plantations		13 569	19 028	5 459	45,23
Agglomération/Sol nu		8 048	15 148	7 101	94,93

3.3. Trajectoires des changements intervenus dans les occupations de sol entre 1986 et 2015

Le croisement de deux cartes d'occupations du sol de la RBTM notamment de 1986 et 2000 et de 2000 et 2015 donne une matrice qui traduit l'évolution de la trajectoire des différentes classes entre les deux dates considérées.

3.3.1. Changements intervenus entre 1986 et 2000

La matrice des changements montre que 4351,41 ha (56,80%) des superficies forestières (estimées à 7661 ha en 1986) n'ont pas subi de variation notable au cours de la période 1986 à 2002 (Tableau 3). Sur la superficie totale des formations forestières, environ 3 309,59 ha ont été converties en d'autres formes d'occupations de sol telles que les mosaïques de cultures et jachères (293,13 ha) et les agglomérations ou les sols nus (119,97 ha). Sur la même période considérée, il ressort des résultats que 86 373,36 ha de la superficie totale des zones humides sur 203 054 ha en 1986 (42,54%) sont restées sans changement majeure alors que 116 680,64 ha ont changé de catégories d'occupations. Les plantations forestières ont conservé 4801,14 ha (35,38%) du total de leurs superficies alors que 8 767,86 ha ont changé de catégories sur la période 1986 à 2002.

Globalement, comme le montrent les données de changements intervenus pour la période 1986 à 2002, il ressort que 49,26% de toute la réserve n'ont pas subi de changements majeurs, ce qui correspond à une superficie totale estimée à 170 293,86 ha sur une superficie totale de 345 722 ha de la réserve. Le reste soit 175 428,14 ha (50,74%), a subi des changements de catégories d'occupation. Les modifications sont surtout intervenues au sein des zones humides notamment entre les savanes

inondables à *Mitragyna*, les prairies marécageuses et les plans d'eau. Les forts taux de changements sont intervenus au niveau des mangroves (86,9%), les formations forestières fermées (76,28%) et les plans d'eau (71,17%). Par contre, le plus faible taux de changements est observé au niveau des plantations forestières avec 1,47%.

3.3.2. Changements intervenus entre 2000 et 2015

La superposition des cartes d'occupation de sol de la période 2000 à 2015 indique que 3131,01 ha de formations forestières fermées sont restés sans changements majeurs alors qu'au niveau des savanes sur terres fermes, la superficie sans changements au cours de la même période est estimée à 20 812,59 ha. Pour ces formations, il est relevé qu'une importante superficie est convertie en agglomérations et sols nus (Tableau 4). Ainsi, 3 992,04 ha des formations forestières fermées et 20 897,55 ha des savanes sur terre ferme sont converties en zones habitées ou en zones dépourvues de végétation telles que les sols nus. De la même manière, au niveau de ces deux formes d'occupation de sol, une superficie totale évaluée à 7 526,43 ha est convertie en zones de cultures et de jachères.

En ce qui concerne les zones humides, il est relevé que 49 724,01 ha (contre 86 373,36 ha au cours de la période 1986 à 2000) sont conservés sans changements majeurs pour la période 2000 à 2015. La tendance à l'urbanisation est également observée pour la même période avec environ une superficie totale de 14 242,59 ha convertie en zone habitée et en sol nu.

Pour la période 2000 à 2015, il est noté de façon globale que les plus forts taux de changements sont relevés respectivement au niveau des zones habitées et des sols nus (91,40%), les zones humides (dont 89,55 % pour les prairies marécageuses, 89,45% pour les savanes inondables à *Mitragyna* (86,09%)), les plantations (73,78 %) et les formations forestières fermées (72,49 %). Les plans d'eau sont considérés comme étant le type d'occupation de sol le moins affecté par des modifications et le taux de changement est évalué à 3,49% (Tableau 4).

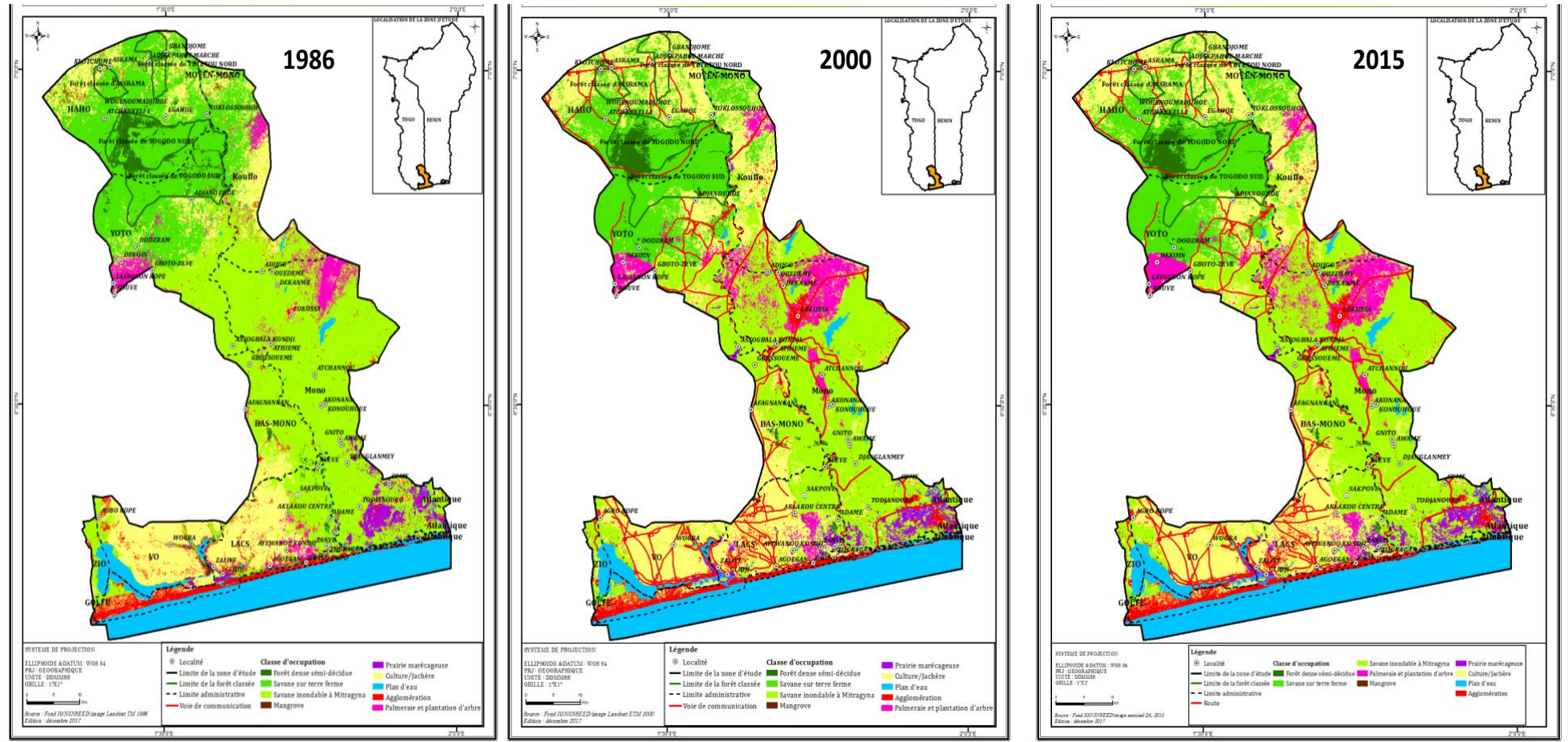


Figure 3
Evolution des occupations de sol dans la réserve de biosphère transfrontalière du Mono de 1986 à 2015

Tableau 3
Matrice de changements des occupations de sol de la RBTM de 1986 à 2000

2000 1986	Formation forestière fermée	Savane sur terre ferme	Mosaïque cultures/Jachères	Savane inondable à <i>Mitragyna</i>	Prairie marécageuse	Mangrove	Plan d'eau	Plantation	Agglomération/Sol nu
Formation forestière fermée	4351,41	762,21	293,13	4416,21	378,18	598,95	1,53	463,14	119,97
Savane sur terre ferme	3099,33	37075,95	7333,92	9052,02	5544,54	210,42	8,64	1132,29	1841,85
Mosaïque cultures/Jachères	1767,69	4108,59	28390,32	7802,28	908,1	95,76	2,07	3307,32	5591,52
Savane inondable à <i>Mitragyna</i>	3680,46	1384,11	2790,45	39273,93	1464,66	1201,86	305,64	4792,41	1081,35
Prairie marécageuse	809,01	3370,32	851,49	10028,07	6321,15	1179,54	36,27	16,29	1187,91
Mangrove	375,3	320,04	643,14	3205,62	503,37	656,64	5,94	230,85	428,13
Plan d'eau	67,86	0,45	11,25	979,38	301,41	24,57	40121,64	4,14	401,67
Plantation	1450,08	516,87	3431,34	9458,55	358,92	339,48	0,09	4801,14	878,94
Agglomération/Sol nu	2745,81	5942,61	11284,65	33738,21	2241,18	414,18	239,22	1902,87	9301,68
Total des classes (Km²)	18346,95	53481,15	55029,69	117954,27	18021,51	4721,4	40721,04	16650,45	20833,02
Changement dans les classes (Km²)	13995,54	16405,2	26639,37	78680,34	11700,36	4064,76	599,4	11849,31	11531,34
Taux de changement dans les classes (%)	76,28	30,68	48,41	66,70	64,92	86,09	71,17	1,47	55,35

Tableau 4
Matrice de changements des occupations de sol de la RBTM de 2000 à 2015

2015 2000	Formation forestière fermée	Savane sur terre ferme	Mosaïque cultures/Jachères	Savane inondable à <i>Mitragyna</i>	Prairie Marécageuse	Mangrove	Plan d'eau	Plantation	Agglomération/Sol nu
Formation forestière fermée	3131,01	2940,39	228,15	3745,8	775,71	300,96	83,16	543,69	3992,04
Savane sur terre ferme	3686,13	20812,59	7298,28	21321	6690,06	2027,07	174,69	6010,11	20897,55
Mosaïque cultures/Jachères	457,02	10969,29	35503,2	5465,16	1989	928,62	25,11	6847,74	18413,91
Savane inondable à <i>Mitragyna</i>	1799,28	11491,65	3402,9	5903,19	7322,22	1457,01	457,47	1240,92	8051,13
Prairie Marécageuse	393,84	9608,04	256,68	1210,68	2486,88	162,18	248,13	31,23	695,07
Mangrove	1074,42	8335,53	2795,13	3187,17	3788,37	886,14	288,99	671,22	4914,90
Plan d'eau	17,73	47,79	20,07	668,61	165,96	27	40447,8	3,06	581,49
Plantation	769,5	584,37	1197,63	14104,17	46,71	403,29	6,93	5567,94	4432,59
Agglomération/Sol nu	55,8	509,31	1271,61	369,09	535,14	176,76	180,09	319,5	5831,73
Superficies totales des occupations de sol (Km²)	11384,73	65298,96	51973,65	55974,87	23800,05	6369,03	41912,37	21235,41	15765,92
Changement dans les d'occupation de sol (Km²)	8253,72	44486,37	16470,45	50071,68	21313,17	5482,89	1464,57	15667,47	61978,68
Taux de changement dans les occupations de sol (%)	72,49	68,13	31,69	89,45	89,55	86,09	3,49	73,78	91,40

4. DISCUSSION

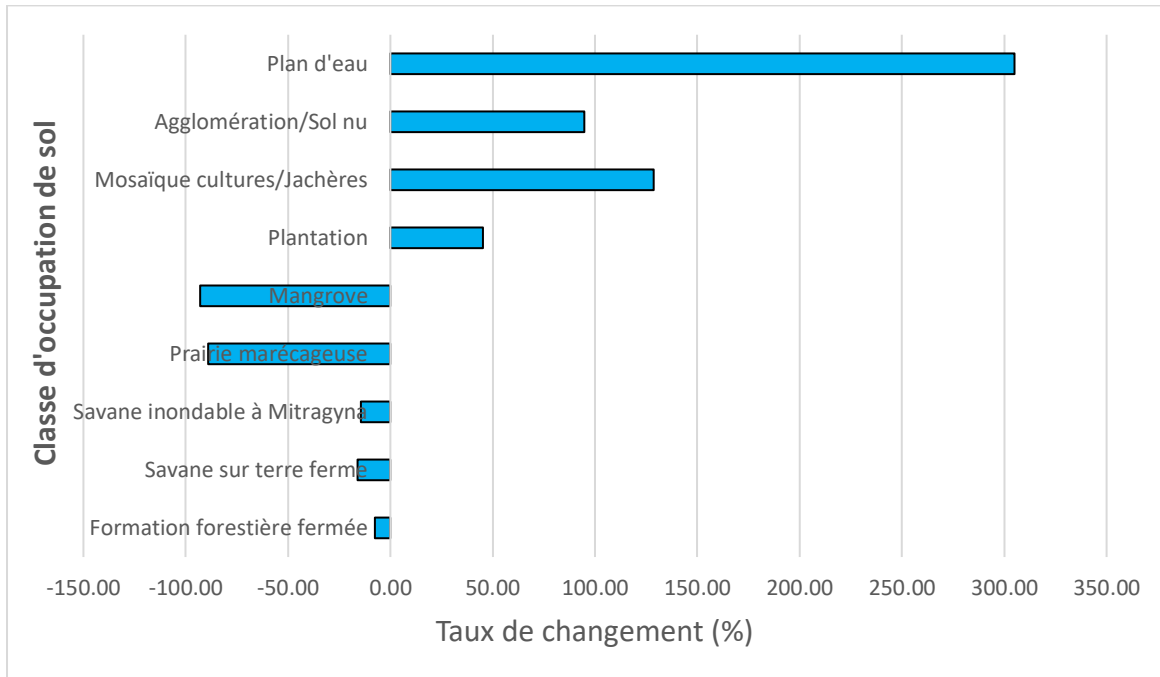
L'analyse de l'occupation des sols et sa dynamique d'évolution impliquent une compréhension des processus biophysiques et anthropiques qui donnent des orientations sur les évolutions quantitatives et qualitatives des paysages de manière générale, et des ressources naturelles en particulier, incluant les couverts végétaux, l'eau et les sols (Davranche et Taïbi, 2015). Mais cette analyse implique également la compréhension et la mise en évidence des facteurs, à la fois naturels et anthropiques, qui causent ces processus. Ainsi, l'analyse de la dynamique de changement au niveau des unités d'occupations de sol dans la RBTM a fait ressortir les différents processus d'évolution intervenus au sein du paysage pendant la période 1986 - 2015. Ces changements concernent surtout la régression des formations naturelles telles que les formations forestières fermées et les savanes sur terre les mosaïques de cultures/jachères et les agglomérations/sol nu ont connu une augmentation de leur superficie (Figure 3).

Il est à relever que le phénomène de dégradation des formations naturelles s'est beaucoup plus accentué sur la période 2000 à 2015 avec une anthropisation plus accrue des domaines forestiers et des savanes sur terre ferme et leur conversion en zones de cultures, zones habitées/sols nus. Les facteurs les plus couramment cités comme ayant fortement contribué à la réduction des surfaces forestières et des savanes sont les pratiques agricoles, l'exploitation forestière et la production du charbon, les feux de végétation. Les manifestations de ces facteurs se font de plus en plus ressentir avec la croissance sans cesse galopante de la population de la zone, décuplant ainsi les besoins et augmentant les pressions (Adjonou et al., 2013).

Les conversions de la végétation naturelle en zones agricoles et non végétalisées, observées dans la zone de la RBTM sont courantes dans toute l'Afrique de l'Ouest et vont dans le sens des travaux précédents sur les changements de l'usage et de l'occupation des sols (Houessou et al., 2013; Ouedraogo et al., 2010). Cette tendance de la réduction de la couverture végétale naturelle dans la zone de l'Afrique de l'Ouest constitue une préoccupation environnementale urgente susceptible d'entraîner la dégradation des sols et des écosystèmes (Zoungrana et al., 2018). C'est pour répondre à ces préoccupations qu'au cours des dernières décennies, les sciences de la conservation intègrent de plus en plus les travaux sur les changements de l'usage et de l'occupation des sols en considérant encore souvent les changements d'occupation du sol comme des processus simples, réduits à la manifestation d'un passage irréversible d'un état à un autre (Mertens et Lambin, 2000).

Contrairement à la dynamique régressive au niveau des formations naturelles, l'augmentation de superficie des formations anthropophiles est essentiellement liée au déboisement des formations forestières et savaniques. L'augmentation la plus spectaculaire est observée au niveau des plans d'eau avec un taux estimé à 304,97 % représentant une augmentation de superficie de l'ordre de 32 645 ha (Figure 4). Cette augmentation de superficie des plans d'eau serait globalement liée aux phénomènes récurrents des inondations que connaît la zone depuis ces dernières années. La variabilité pluviométrique interannuelle serait donc la principale cause, car on peut avoir une augmentation des superficies d'eau temporaire et des zones inondables en raison d'une année caractérisée par une bonne pluviométrie.

Figure 4
Tendances d'évolution des occupations de sol dans la RBTM de 1986 à 2015



La dégradation du milieu traduite par la régression des formations naturelles est essentiellement liée au développement des activités socio-économiques (culture sur brulis, exploitation du bois d'œuvre et de chauffage, exploitation minière etc.) dans un contexte de pression démographique (Pale, 2000). Plusieurs auteurs ont mis en cause la croissance démographique et certains modes d'exploitation comme étant responsables de dégradation des écosystèmes et des terres ayant pour conséquence la perturbation des équilibres écologiques (Atta et al., 2010 ; Sounon et al., 2007). C'est un phénomène particulièrement remarquable en Afrique subsaharienne où les fortes densités démographiques et la crise d'espace agricole conduisent les populations à la recherche de nouvelles terres (Abotchi, 2002). Ainsi, pour satisfaire aux besoins de plus en plus élevés en terres, les populations exploitent les terres forestières relativement plus fertiles encore disponibles au niveau des domaines protégés. Dans une étude similaire menée en Côte d'Ivoire, Kouassi (2014) affirme que la réduction des forêts peut aussi s'expliquer par le type d'agriculture pratiquée par les populations. L'auteur explique que dans des milieux marqués par une prédominance des activités agricoles et dans des conditions de recherche permanente de terres plus productives, les paysans abandonnent les parcelles en cultures après une ou deux années de cultures vivrières, pour coloniser de nouvelles terres forestières plus fertiles, laissant les premières en jachère afin de restaurer leur fertilité.

Bien que les changements d'utilisation et d'occupation des sols induisent dans la zone de la RBTM induisent des bénéfices sociaux et économiques à plusieurs niveaux surtout pour le bien-être de la population, il faut noter que leur développement est responsable de dégradations écologiques à différentes échelles spatiales. A cet effet, il a été démontré que les différentes phases du développement économique (agricole, industriel, etc.) affectent diverses composantes de la biodiversité à travers le temps. La phase agricole tend, par exemple, à éliminer la biodiversité des milieux très productifs, en préservant cependant les zones marginales (Davranche et Taïbi, 2015). Mais ces réservoirs de biodiversité sont maintenant menacés par les activités de loisirs ou par les espaces résidentiels qui se

développent en milieu rural. De plus en plus, les changements d'usage des sols s'effectuent sur de larges territoires, au détriment de la biodiversité résiduelle. Cette dégradation se traduit généralement par la réduction de la fourniture des services écosystémiques. Une étude conduite dans la zone périphérique de la RBTM en 2016, identique clairement que les populations perçoivent la baisse des services fournis par la réserve notamment dans les proportions suivantes : 64,4% pour le bois d'énergie, 54% pour le bois d'œuvre, 50% pour le bois de service et 44,4% pour la viande sauvage et 78,9% pour les produits agricoles (GIZ, 2016). Pour ces populations, les différentes proportions de baisse observées sont essentiellement liées au prélèvement abusif des ressources, à la pression démographique mais également les attribuent aux modifications liées aux conditions climatiques en particulier les longues périodes de sécheresse (GIZ, 2016).

Cependant, il faut observer que malgré les changements intervenus et les conversions observées au cours de la période de cette étude (1986 à 2015), la zone d'étude est restée en grande partie recouverte de végétation naturelle et dispose encore d'un bon potentiel pour la conservation de la biodiversité. La zone de la réserve regorge d'importantes ressources végétales et animales associées à une diversité d'écosystèmes aux fonctions multiples. Ainsi, les habitats naturels relativement mieux conservés sont constitués par les forêts semi-décidues, les savanes boisées et arborées, les savanes inondables et les écosystèmes associés, les mangroves, etc. dont certains sont encore retrouvés dans le complexe d'aires protégées de Togodo, dans les forêts communautaires (Akissa, Godjé-Godjin) et au niveau du système lagunaire le long du littoral au Sud-Est du Togo. La préservation de ces habitats permettra une conservation de la diversité biologique mais également le renforcement de la résilience des populations en face des effets néfastes des changements climatiques.

En effet, la création de la RBTM vise la protection et l'utilisation durable de la diversité biologique et des services écosystémiques dans le delta du Mono en contribuant au développement durable du Bénin et du Togo en général et à celui de leurs communautés locales en particulier. De ce fait, l'élaboration de la situation de référence en matière de l'occupation et de l'utilisation des sols fournira des données et des informations quantitatives (classes d'occupation/utilisation, estimations de la superficie) qui sont nécessaires pour bien décrire et établir un lien quantitatif entre les activités humaines, leurs répercussions sur l'environnement, et la dimension géographique (spatiale). Les informations concernant l'évolution de l'occupation/utilisation des sols intégrant la dimension temporelle présentent donc un intérêt majeur pour les décideurs – qui évaluent les décisions touchant à l'utilisation des ressources naturelles – et pour la communauté scientifique – qui découvre les causes sous-jacentes et les conséquences des changements d'utilisation des terres sur la gestion des ressources naturelles de la réserve de biosphère transfrontalière du Mono (RBTM).

5. CONCLUSION

La situation de référence de la Réserve de Biosphère Transfrontière du Mono (RBTM) en termes d'occupation du sol est établie sur des bases scientifiques fondées sur les traitements des images satellitaires (deux images Landsat des années 1986 et 2000 et de l'image Sentinel 2A de l'année 2015) couplées aux données d'investigation de terrain et d'autres sources d'informations géographiques. Les résultats de ces traitements ont permis une meilleure connaissance des formes d'occupations du sol, les écosystèmes, les habitats et la dynamique des changements intervenus. L'analyse de la dynamique de changements intervenus au niveau des unités d'occupations du sol de la RBTM a fait ressortir les différents processus d'évolution au sein du paysage pendant la période 1986 - 2015. Ces changements concernent surtout la régression des formations naturelles telles que les formations forestières fermées et les savanes sur terre ferme alors que les occupations de sol à faible couverture végétale (les mosaïques

de cultures/jachères et les agglomérations/sols nus) ont connu une augmentation progressive de leur superficie.

Malgré les conversions observées et les changements intervenus au cours de la période de cette étude (1986 à 2015), la zone d'étude est restée en grande partie recouverte de végétation naturelle et dispose encore d'un bon potentiel pour la conservation de la biodiversité. La zone de la réserve regorge d'importantes ressources végétales et animales associées à une diversité d'écosystèmes aux fonctions multiples. La préservation de ces habitats permettra une conservation de la diversité biologique mais également le renforcement de la résilience des populations en face des effets néfastes des changements climatiques. Toutes les informations générées au cours de ce travail présentent un intérêt majeur pour les décideurs, les ONG et la communauté scientifique qui évaluent les décisions touchant à l'utilisation des ressources naturelles et constituent donc une base d'informations environnementales indispensables pour des applications allant de la planification de l'aménagement du territoire, du suivi de la couverture forestière et à la production de statistiques environnementales.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements au Projet Observation Spatiale des Forêts d'Afrique Centrale et de l'Ouest (OSFACO) et le Projet Réserve de Biosphère transfrontalière du Delta du Mono entre le Togo et le Bénin (ProMono) de la Coopération Allemande GIZ pour leurs appuis multiformes pour la réalisation des activités de cette étude.

Références bibliographiques

- Abotchi T., 2002. Colonisation agricole et dynamique de l'espace rural au Togo: cas de la plaine septentrionale du Mono. Revue du C.A.M.E.S. Sciences Sociales et Humaines. Série B. Vol. 4, 97-108.
- Achard F., Eva H. D., Stibig H. J., Mayaux P., Gallego J., Richards T., Malingreau J. P., 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297 (5583): 999-1002.
- Adjonou K., Kémavo A., Fontodji J. K., Tchani W., Sodjinou F., Sebastia M. T., Kokutse A. D., Kokou K., 2017. Vegetation dynamics patterns, biodiversity conservation and structure of forest ecosystems in the wildlife reserve of Togodo in Togo, West Africa. *International Journal of Development Research*, 7 (08) : 14549-14557
- Adjonou K., Kokutse A. D., Kokou K., 2013. Dynamique spatiale et diversité floristique de la Réserve de Faune de Togodo au Sud Est du Togo (Afrique de l'Ouest). *Scripta Botanica Belgica*, 50: 63-72.
- Agbessi G. E., Ouedraogo M., Camara M., Segniagbeto H., Hounghedji M. B., Kabre A. T., 2017. Distribution spatiale du singe à ventre rouge, *Cercopithecus erythrogaster erythrogaster* Gray et les menaces pesant sur sa conservation durable au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(1): 157-173. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.
- Atta S., Achard F., Ould Mohamedou S. O. M., 2010. Evolution récente de la population, de l'occupation des sols et de la diversité floristique sur un terroir agricole du Sud-Ouest du Niger. *Science & Nature*, 7(2) : 119-129.
- Bouko B. S., Sinsin B., Goura Soulé B., 2007. Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *Tropicultura*, 25 (4) : 221-227.

- Bounoua L. DeFries R., Collatz G. J., Sellers P., Khan H., 2002. Effects of Land Cover Conversion on Surface Climate. *Climatic Change*, 52 (1): 29–64.
- Camacho C., Pérez-Barahona A., 2015. Land use change and the environment: a spatial dynamics approach. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 52 : 96-118.
- Clerici N., Bodini A., Eva H., Grégoire J-M., Dulieu D., Paolini C., 2007. Increased isolation of two Biosphere Reserves and surrounding protected areas (WAP ecological complex, West Africa). *Journal for Nature Conservation*, 15(1): 26-40.
- Davranche A., Taibi A. N., 2015. Les changements d'occupation et d'usage du sol, des processus multidimensionnels complexes qui affectent la biodiversité. In book: Mathevet R. et Godet L. Pour une géographie de la conservation. Biodiversités, natures et sociétés. Edition: L'harmattan, Chapitre 6.
- Dube T., Mutanga O., 2015. Investigating the robustness of the Landsat-8 sensor derived texture parameters in estimating plantation forest species aboveground biomass in KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 108: 12-32.
- FAO, 1996. Forest resources assessment 1990 - Survey tropical forest cover studies of change processes. FAO Forestry Paper 130, Rome, Italie. <http://www.fao.org/docrep/007/w0015e/w0015e00.htm>.
- Girard M. C., Girard C.M., 1999. Traitement des données de télédétection, Dunod, France, 529 p.
- GIZ, 2016. Evaluation de la situation socio-économique, du cadre de gouvernance, du genre et de l'accès aux ressources dans les aires cibles de la RBT-DM. Rapport final, 144 p.
- Houessou L. G., Teka O., Toko Imorou I., Lykke A. M., Sinsin B., 2013. Land Use and Land-Cover Change at "W" Biosphere Reserve and its Surroundings Areas in Benin Republic (West Africa). *Environment and Natural Resources Research*, Vol. 3, No. 2; ISSN 1927-0488.
- Hougbédji B. M., Djossa B. A., Adomou A. C., Dakpogan C., Sinsin B., Mensah G. A., 2012. Conservation Status of the Redbellied Guenon (*Cercopithecus erythrogaster erythrogaster*) in the West Dahomey Gap in Southwestern Benin and the Adjacent Togodo Forest Reserve, South Togo. *African Primates*, 7(2): 184-192.
- Kamungandu C. M., 2009. La dégradation des forêts en République Démocratique du Congo : Études de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts. *Forest Resources Assessment Working Paper*, 169.
- Kokou, K. Sokpon, N., 2006. Les forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois et Forêts des Tropiques*, 288 (2) : 15-23.
- Kouassi K. J-L., 2014. Suivi de la dynamique de l'occupation du sol à l'aide de l'imagerie satellitaire et des systèmes d'information géographiques : Cas de la Direction Régionale des Eaux et Forêts de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). Mémoire pour l'option du Diplôme d'Agronomie Approfondie, Ecole Supérieure d'Agronomie, Côte d'Ivoire ; 74 p.
- Kpedenou K. D., Boukpassi T. Tchamie T. T. K., 2016. Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de yoto (Sud-Est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 13 : 137-156.
- Liu, Y. I., Chang, M. V., Li, H. E., Barolo, S., Chang, J. L., Blauwkamp, T. A. Cadigan, K. M., 2008. The chromatin remodelers ISWI and ACF1 directly repress Wingless transcriptional targets. *Dev. Biol.* 323(1): 41--52.
- Mertens B., Lambin, E. F., 2000. Land-Cover-Change Trajectories in Southern Cameroon. *Annals of the Association of American Geographers*, 90, 467-494.

- Minta M., Kibretb K., Thorne P., Nigussie T., Nigatu L., 2018. Land use and land cover dynamics in Dendi-Jeldu hilly-mountainous areas in the central Ethiopian highlands. *Geoderma*, 314 : 27-36.
- Muriuki G. W., Seabrook L., Mcalpine C., Baxter G. S., 2011. Land cover change under unplanned human settlements: A study of the Chyulu Hills squatters, Kenya. *Landscape and Urban Planning*, 99(2):154-165
- Oloukoi J., Mama V. J., Agbo F. B., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Téledétection*, 2006, vol. 6 (4) : 305-323.
- Ouedraogo I., Tigabu M., Savadogo P., Compaore H., Oden P. C., Ouadba J. M., 2010. Land cover change and its relation with population dynamics in burkina faso, West Africa. *Land Degrad. Dev.* 21: 453-462.
- Padonou E. A., Lykke A. M., Bachmann Y., Idohou R., Sinsin B., 2017. Mapping changes in land use/land cover and prediction of future extension of bowé in Benin, West Africa. *Land Use Policy*, 69 : 85-92.
- Palé F. O. K. 2000. Le rôle de l'action anthropique dans la dégradation des ressources naturelles à Niaogho-Beguedo. *Berichte des Sonderforschungsbereichs*, 268 (14) : 521-533.
- Sarr M. A., 2009. Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat», *Cybergeo : European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, document 472. DOI: 10.4000/cybergeo.22707.
- Schlaepfer M. A., Runge M. C., Sherman P. W., 2002. Ecological and evolutionary traps. *Trends in Ecology and Evolution*, 17 : 474-480.
- Sibanda N., McKenna A., Richmond A., Ricke S. C., Callaway T., Stratakos A. C., Gundogdu O. Corcionivoschi N., 2018. A Review of the Effect of management practices on *Campylobacter* Prevalence in Poultry Farms. *Frontiers in microbiology*, 9. ISSN 1664-302X DOI:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02002>.
- Skupinski G., Binhtran D., Weber C., 2009. Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain – Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France). *Cybergeo : European Journal of Geography*. 63.
- Sounon B. B., Sinsin B., Goura S. B., 2007. Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes du Bénin. *Tropicultura*, 25(4): 221-227.
- Zoungrana B. J-B., Conrad C., Thiel M., Amekudzi L. K., Dapola Da E., 2018. MODIS NDVI trends and fractional land cover change for improved assessments of vegetation degradation in Burkina Faso, West Africa. *Journal of Arid Environments*, 153 : 66-75.