

Modélisation de la dynamique de l'occupation du sol des parcours des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé (Bénin)

Sèton Hanania Sylvanus Honvou^{1,2}, André Boya Aboh^{1,2}, Oscar Tèka¹, Clément Sèwadé³, Bernard Christophe Gandonou⁴, Madjidou Oumorou⁵, Brice Sinsin¹

Reçu : 6/11/2020 -- Accepté: 10/10/2021 -- Publié en ligne: 08/04/2022

Résumé

L'utilisation de l'occupation du sol des parcours de la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé (BMVO) au Bénin ne suit pas une rationalité pour une productivité durable. La présente étude vise à analyser les changements spatio-temporels de l'occupation du sol des parcours et à modéliser cette dynamique. Dans ce cadre, les images Landsat ETM de 1998, Landsat OLI 8 de 2008 et de 2018 ont été utilisées pour cartographier les unités d'occupation du sol de la BMVO avec le logiciel QGIS. Le modèle CA_MARKOV sous IDRISI a été utilisé pour modéliser la dynamique spatio-temporelle en 2035 et 2050. Les forêts denses, les forêts claires et les savanes boisées qui ont occupé 6,21% et 18,33% de la superficie en 1998, sont progressivement réduites à 1,06% et 0,28% en 2018. Les superficies des forêts galeries (4,79%) et les savanes arborées et arbustives (16,01%) en 1998 ont régressé pour occuper respectivement 1,39% et 5,80% en 2018. La modélisation prédictive pour 2035 et 2050 a montré que les parcours de la BMVO seront dominés par les agglomérations ; les plantations d'arbres et les champs et jachères au détriment de la végétation naturelle si les pratiques actuelles d'exploitation des ressources naturelles sont maintenues. La pression anthropique sur les formations naturelles combinée avec la variabilité climatique sont les principales causes de ces changements paysagers. La mise en place d'une nouvelle politique de mode d'utilisation des terres qui vise la protection du couvert végétal permettra de modifier cette projection.

Mots clés : utilisation du sol, couvert végétal, cartographie, simulation quantitative et qualitative, activités anthropiques

Affiliation des auteurs

¹Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

²Unité de Recherches Zootechnique et Système d'élevage, Laboratoire des Sciences Animales et Halieutiques, Université Nationale d'Agriculture, BP 43 Kétou, Bénin.

³Unité de Recherche en Foresterie et Conservation des Bio-ressources, Laboratoire des Sciences Végétales, Horticoles et Forestières, Université Nationale d'Agriculture, BP 43 Kétou (Bénin).

⁴Laboratoire de Physiologie Végétale et d'Étude des Stress Environnementaux, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 01BP 526, Cotonou, Bénin.

⁵Unité de Recherche-Phytosociologie, Espaces Protégés et Pastoraux, Agroécosystèmes, conservation et valorisation des espèces endogènes (UR-PEPPAC), Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA). Université d'Abomey-Calavi, 01BP 526, Cotonou, Bénin.

Pour citer l'article

Honvou SHS, Aboh AB, Tèka O, Sèwadé C, Gandonou BC, Oumorou M, Sinsin B. 2022. Utilisation et modélisation de la dynamique de l'occupation du sol des parcours des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé (Bénin). Sciences and Technologies for Sustainable Agriculture. 2022, 2(1): 18-29.

Modeling of the dynamics of the occupation of rangelands of the transhumant in the Lower and Middle Ouémé Valley (Benin)

Abstract

The land unit's use of rangelands of the Lower and Middle Valley of the Oueme (BMVO) in Benin does not follow rationality for sustainable productivity. The present study aims to analyze the spatial-temporal changes in the land use of rangelands and to model this dynamic. In this frame, Landsat ETM images from 1998, Landsat OLI 8 from 2008 and 2018 were used to map the land use units of the BMVO with QGis software. The CA_MARKOV model under IDRISI was used to model the spatial-temporal dynamics in 2035 and 2050. Dense forests, open forests and wooded savannas that have occupied 6.21% and 18.33% of the area in 1998, are gradually reduced to 1.06% and 0.28% in 2018. The areas of gallery forests (4.79%) and wooded and shrub savannas (16.01%) in 1998 decreased to occupy respectively 1.39% and 5.80% of area in 2018. Predictive modeling for 2035 and 2050 has shown that the BMVO rangelands will be dominated by urban areas; tree plantations and fields and fallows to the detriment of natural vegetation if current practices of natural resource use are maintained. Human pressures on natural resources combined with climate variability are the main causes of these landscape changes. The establishment of a new land use policy aimed at protecting the vegetation cover will allow this projection to be modified.

Keywords: land use, land cover, cartography, quantitative and qualitative simulation, anthropogenic activities.

Introduction

Le développement de l'élevage extensif des herbivores domestiques au Bénin comme partout ailleurs en Afrique au Sud du Sahara nécessite une bonne connaissance de la diversité végétale nécessaire pour son alimentation. En effet, les animaux de ce système s'alimentent essentiellement du fourrage constitué de la végétation spontanée des parcours naturels et des résidus de récoltes.

Au Bénin l'élevage constitue la seconde activité agricole et contribue à hauteur de 5,9% du Produit Intérieur Brut (MAEP, 2011). Le système d'élevage de bovins y est extensif (Tobada et al., 2018 ; Sounon et al., 2019). Les parcours naturels sont rencontrés dans les différentes formations végétales constitués des savanes arborés et arbustives, des savanes herbeuses et des forêts. Le mode d'exploitation de ces parcours est guidé par la disponibilité de fourrage et les besoins des troupeaux (Djènotin et al., 2012 ; Sèwadé et al., 2016). Cette disponibilité du fourrage dans les parcours naturels est en effet sous l'influence des activités humaines et des facteurs climatiques (Toko et al., 2012 ; Dimobe et al., 2012 ; Ngom et al., 2014).

En plus de l'agriculture extensive, la zone de la Base et Moyenne Vallée de l'Ouémé (BMVO) du Bénin, constitue depuis les années 1980, une destination privilégiée des flux des animaux transhumants

(TN) en provenance du nord Bénin mais aussi celle des animaux transhumants transfrontaliers (TTF) en provenance de pays voisins, notamment le Nigeria, le Niger, le Burkina Faso, le Mali et la Mauritanie (Schönegg et al., 2006 ; Ange et al., 2014). En effet, cette zone dispose des ressources végétales diversifiées en herbacées et en ligneux réparties dans les différentes formations végétales (Ali et al., 2014 ; Obossou et al., 2020 ; Honvou et al., 2021). Cependant ces auteurs ont souligné que les pressions anthropiques à savoir l'agriculture, l'exploitation du bois et l'installation humaine constituent des facteurs de dégradation de ces formations végétales. Par ailleurs, Sewadé et al. (2016) ont montré que les modes d'exploitations des ligneux fourragers dans les zones de parcours compromettent leur régénération et leur conservation. Ces diverses actions anthropiques ne sont pas sans conséquences sur la disponibilité du potentiel fourrage dans les formations végétales de la zone d'étude. La connaissance des dynamiques spatio-temporelles de l'occupation et de l'utilisation des sols est considérée depuis plusieurs années comme un des éléments fondamentaux permettant de mesurer les impacts humains et d'anticiper sur la variation climatique, notamment à partir de l'utilisation de longues séries temporelles d'images satellitaires (Matsushita et al., 2006 ; Sarr, 2008). Au Bénin, plusieurs études ont été réalisées sur la dynamique spatio-temporelle de la végétation et sa modélisation (Oloukoi, 2013 ; Arouna et al., 2016 ;

Padonou et al., 2017 ; Kountangni et al., 2019). Ces travaux ont montré que l'extension continue des surfaces cultivées et l'exploitation des parcours par les éleveurs entraînent une diminution progressive de la flore et du potentiel fourrager. Malheureusement, l'évolution des formations végétales en relation avec les pressions d'utilisations n'a pas fait l'objet d'une investigation globale approfondie dans la zone de la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé. C'est pourquoi la présente étude a pour objectif d'analyser la dynamique de l'occupation du sol des parcours des transhumants et réaliser une modélisation de cette dynamique à l'horizon 2035 et à l'horizon 2050.

Matériel et Méthodes

Caractérisation de la zone d'étude

L'étude a été menée dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé (BMVO) (Figure 1), située entre 2°00 et 2°45 de longitude Est et 6°34 et 7°32 de latitude Nord au Sud Est du Bénin. Elle couvre une superficie de 3722 km² (INSAE, 2015). La BMVO correspond dans la partie Sud à la zone chorologique guinéo congolaise et dans la partie Nord à la zone chorologique guinéo soudanienne (Adomou et al., 2007). Elle regroupe les Communes ci-après : Adjohoun, Bonou, Zè, Ouinhi, Zangnanado, Covè, Zogbodomey et Adja-Ouèrè et correspond aux districts phytogéographiques de Pobè, du Plateau, de la Vallée de l'Ouémé et du Zou dans sa partie nord (Adomou, 2010). L'occupation du sol est dominée par des mosaïques de cultures et jachères sous palmiers à huile et de plantations forestières et fruitières (Alimi et al., 2015). Ce paysage est, selon ce dernier auteur, le résultat d'une forte dégradation liée à l'exploitation agricole et aux feux de végétation. Les reliques de forêts denses et de galeries forestières subsistent sous forme de petits îlots de forêts sacrées (Alimi et al., 2015).

Ces différentes formations sont constituées des espèces ligneuses telles que *Mitragyna inermis*, *Lonchocarpus sericeus*, *Pterocarpus santalinoides*, *Morinda lucida* et *Kigelia africana* (Honvou et al., 2018 ; Obossou et al., 2020). La végétation herbacée est constituée des espèces telles que : *Andropogon gayanus*, *Echinochloa pyramidalis*, *Paspalum scrobiculatum* et *Andropogon tectorum* (Honvou et al., 2021). Au nombre des végétaux flottantes il y a *Eichloria crassipes*, *Pistia stratiotes* et *Lemne paucicostata* (Ali et al., 2014).

Le climat de notre zone d'étude est de type subéquatorial dans la basse vallée et guinéo-soudanienne dans la moyenne vallée (Adomou, 2010).

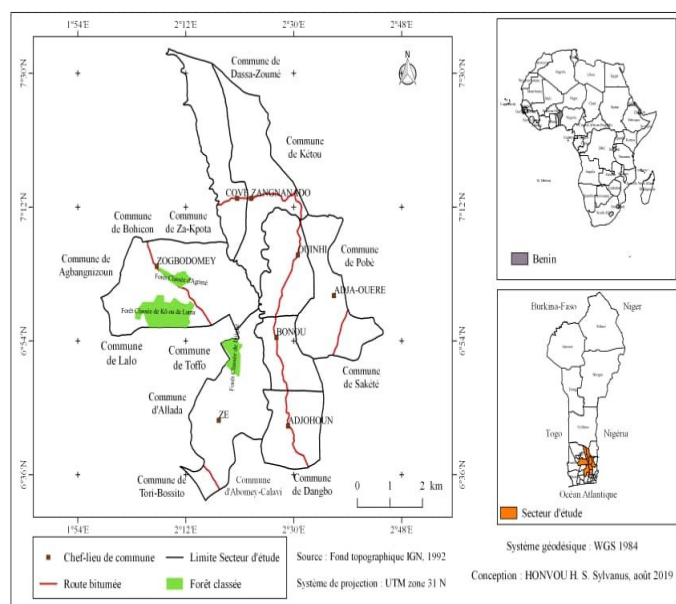


Figure 1: Localisation de la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé

Il est caractérisé par un régime pluviométrique bimodal dans les Communes d'Adjohoun, de Bonou et de Zè et un régime à tendance unimodale dans les communes de Ouinhi, de Zangnanado, de Covè, de Zogbodomey et d'Adja-Ouèrè. Concernant la précipitation moyenne annuelle elle est estimée à 1321,3 mm à la station de Cotonou et 1124,08mm à la station de Bohicon sur la période de 1960 à 2017 (DNM, 2018). Les températures moyennes annuelles enregistrées sont de 27,99 °C à Bohicon et de 27,6 °C à Cotonou sur la période de 1968 à 2017 (DNM, 2018).

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est composé du fleuve Ouémé et de son principal affluent, le fleuve Zou. Il se distingue également plusieurs lacs le long du fleuve Ouémé dont les plus importants sont les lacs Azili dans la commune de Zangnanado et Sélé dans la commune de Ouinhi. La crue du fleuve Ouémé s'amorce en juillet et atteint son niveau maximal en septembre, et son retrait débute en octobre (Lalèyè et al., 2004).

La population de la zone d'étude est estimée à 601491 habitants avec une densité de 162 habitant/km² (INSAE, 2015). Les principales activités économiques sont l'agriculture, le petit élevage des ruminants et de la volaille, et la production halieutique dépendant du régime du fleuve Ouémé (Agossou et al., 2015). Selon l'INSAE

(2016), environ 52% de la population active pratiquent ces activités. Les cultures de contre saison sur les sols de décrue sont très pratiquées par la population (Atchadé et al., 2017). La pêche sur le fleuve Ouémé est pratiquée de Décembre en Février et celle dans les trous à poisson de Mars à Juin (Lalèyé et al., 2005).

Matériels

Le matériel utilisé est composé d'un GPS (Global Positioning System) pour la géolocalisation et le contrôle-terrain ; de logiciels Idrisi Selva 17.0 pour le traitement numérique des images satellitaires Landsat et la simulation des changements d'occupation et d'utilisation des sols; du QGIS 2.14 pour les travaux de cartographie et analyses SIG et du tableur Excel pour le traitement des données statistiques. Concernant les images, les scènes 192/55 et 191/55 de trois images satellitaires de type Landsat ETM du 13 Décembre 1998, Landsat 8 du 15 Mars 2008 et du 05 Janvier 2018 ont été téléchargés sur les sites earthexplorer.usgs.gov et remotepixel.ca. De même le Fonds topographiques, IGN au 1/200 000 ; Feuilles d'Abomey de 1992 a été utilisé. Ces données ont été utilisés pour la réalisation des cartes d'occupation du sol de la zone d'étude de 1998, 2008 et de 2018.

Traitement numérique des images satellitaires et cartographie

Composition colorée

La composition colorée permet de produire des images en couleurs en tenant compte de la signature spectrale des objets. Elle sert avant tout à distinguer les différents objets présents sur les images afin de faciliter l'interprétation des images. Dans ce traitement, les bandes 4, 5, 3 de Landsat ETM+ et 5, 4, 3 de Landsat 8 ont été respectivement utilisées pour discriminer les différentes unités d'occupation du sol des parcours concernés.

Choix des aires d'entraînement

Les aires d'entraînement sont des sites représentatifs des caractéristiques numériques des classes qui permettent de définir les signatures spectrales de chaque unité paysagère. Les aires d'entraînement ont été délimitées loin des zones de transition afin d'éviter d'inclure des pixels mixtes, c'est-à-dire des pixels qui pourraient se retrouver dans deux classes distinctes. Sur les images, les aires d'entraînement sont tracées au pixel près et bien dispersées sur l'ensemble du secteur d'étude. Ces aires d'entraînement sont représentatives de la diversité de chaque classe d'unité paysagère. Le nombre d'aires d'entraînement est d'autant plus

grand que la classe est hétérogène. La taille de l'aire d'entraînement doit être supérieure à l'erreur de localisation et inférieure à l'objet à détecter (Kioko & Okello, 2010). Elle a été estimée à partir de la formule décrite par Arouna, (2012) :

$$A = P(1+2L) ;$$

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

Classification supervisée par maximum de vraisemblance

Dix classes d'occupation du sol ont été identifiées sur les trois images retenues. Il s'agit de : Forêt dense (FD), Forêt galerie (FG), Forêt claire et savane boisée (FCSB), Savanes arborée et arbustive (SAA), Plantation (PLAN), Mosaïque de Cultures et jachères (MCJ), Mosaïque de Culture et jachères sous palmier (MCJP), Formation marécageuse (FM), Plan d'eau (PE) et Agglomération (AGG).

Evaluation de la qualité de la classification et vectorisation

Une classification supervisée des images Landsat ETM des, scènes 192/55 et 191/55 du 13 décembre 1998 et de l'image Landsat 8 OLI des mêmes scènes datant du 05 janvier 2018, suivant la technique du maximum de ressemblance (Maximum Likelihood) a été réalisée. La précision de la classification a été estimée par le biais des matrices de confusion. Ainsi, pour chaque classification, des mesures assez communes et largement utilisées telle que la précision globale, le coefficient Kappa, les erreurs de commission et d'omission (Foody, 2002 ; Abdel-Kawy et al, 2011) ont été calculées.

Matrice de transition

La matrice de transition permet de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités paysagères entre deux années. Les superficies de ces différentes classes d'unités paysagères ont été calculées à partir du croisement des cartes d'occupation des terres de 1998, 2008 et de 2018 à l'aide de l'extension « group stats » de QGIS 2.14

Taux de conversion

Le taux de conversion d'une classe d'occupation du sol correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes (Arouna, 2012). L'évolution d'occupation du sol a été appréciée à partir de la comparaison de la superficie des unités d'occupation du sol des

différentes années. Ce taux permet de quantifier les changements obtenus au niveau d'une unité d'occupation du sol entre deux années. Il a été calculé à partir de la matrice de transition suivant la formule :

$$Tc = (S_{it} - S_{is}) / S_{it} \times 100 ;$$

avec, Tc : taux de conversion ; S_{it} : Superficie de l'unité paysagère i à la date initiale t et S_{is} : Superficie de la même unité demeurée stable à la date $t1$

Taux de dégradation

Le taux de dégradation pour chacune des deux périodes 1998 à 2008 et 2008 à 2018 a été calculée à partir des données de superficies, des forêts denses, des forêts galeries, des forêts claires et savanes boisés et savanes arborée et arbustive. La formule décrite par la FAO (1996) et utilisée par Padonou et al. (2017) a été utilisée. Ce taux de dégradation Td est exprimé en pourcent (%) de superficie/an suivant la formule :

$$Td = [[1 - (1 - ((A_1 - A_2) / A_1))^{(1/t)}] \times 100 ;$$

avec Td : le taux de dégradation ; A_1 et A_2 : les superficies initiales et finales des unités d'occupation du sol des parcours (forêts denses, forêts galeries, forêts claires, savanes boisés, savanes arborée et arbustives) et t : l'intervalle de temps dans lequel l'on veut évaluer les changements de l'occupation des terres.

Méthode liée à la modélisation prédictive

La modélisation prédictive de l'occupation du sol des parcours aux horizons 2035 et 2050 a été réalisée à l'aide du logiciel "IDRISI Selva" suivant un scénario basé sur le modèle Markov (CA_MARKOV). Selon Maestriperi et Paegelow, (2013), la procédure du modèle Markov d'IDRISI comporte plusieurs étapes. Il s'agit de i) l'évaluation de la quantité de changement à travers l'analyse des chaînes Markov. Elle consiste à produire à partir de deux images d'occupation du sol (1998 et 2018) une matrice de transition, ii) l'évaluation multicritère qui a pour objectif de produire des cartes d'aptitudes ou des probabilités en intégrant un ensemble de critères mesurables et cartographiables, et iii) la combinaison des cartes d'aptitudes issue de l'évaluation multicritère et des cartes de probabilités de transition dérivant du calcul des chaînes de Markov, iv) l'utilisation d'un filtre de contigüité (5x5) qui a pour but d'éliminer les occurrences isolées et de renforcer les zones d'agglomérations.

Résultats

Etat des lieux des unités d'occupation du sol des parcours

La végétation des parcours de la BMVO était dominée en termes de taux de couvertures en 1998 par les forêts claires et savanes boisées (18,33%), les mosaïques de cultures et jachère sous palmeraie (16,01%) et les savanes arborés et arbustives (17,57%) (Figure 2). Pour la même année, les forêts denses représentaient 6,21% de la superficie totale. Par ailleurs, les forêts galeries rencontrées le long du fleuve Ouémé et de son affluent le Zou, représentaient 4,79%, et la zone marécageuse couvrait 12,56%. En 2008, les mosaïques de cultures et jachère sous palmeraie (18,92%), les agglomérations (17,75%) et les mosaïques de cultures et jachères (15,92%) ont dominés les parcours de la BMVO. La superficie des forêts denses et des forêts claires et savanes boisées représentait respectivement 2,75% et 10,49% alors que celle des plantations des ligneux faisait 11,11% de la superficie totale de la BMVO. En 2018, les parcours sont dominés par les agglomérations (34,76%), les mosaïques de cultures et jachère sous palmeraie (19,09%) et les mosaïques de cultures et jachères (18,27%). Les plantations représentaient 14,41 % de la superficie des parcours. La proportion des savanes arborées et arbustives était de 5,80%, les forêts denses 1,06% et les forêts claires et savanes boisées 0,28% (Figure 2).

De façon générale, durant la période de 1998 à 2018, les superficies des forêts et savanes arborés et arbustives ont diminuées alors que celles des champs et jachères ainsi que les plantations ont augmenté.

Dynamique des unités d'occupation du sol des parcours

Les changements d'utilisation des unités d'occupation du sol des parcours de 1998 à 2008 et de 2008 à 2018 sont résumés dans les matrices de transition (Tableau 1 et 2). De 1998 à 2008, les forêts denses avec une superficie de 23860 ha en 1998, sont transformée en mosaïques de cultures et jachères (3000 ha), en mosaïques de cultures et jachères sous palmeraie (2038 ha) et en savanes arborées et arbustives (1188 ha). Quant aux savanes arborées et arbustives, elles sont transformée en plantations de ligneux de (10820 ha), en mosaïques de cultures et jachères sous palmeraie (7055 ha) et en agglomération (12024 ha).

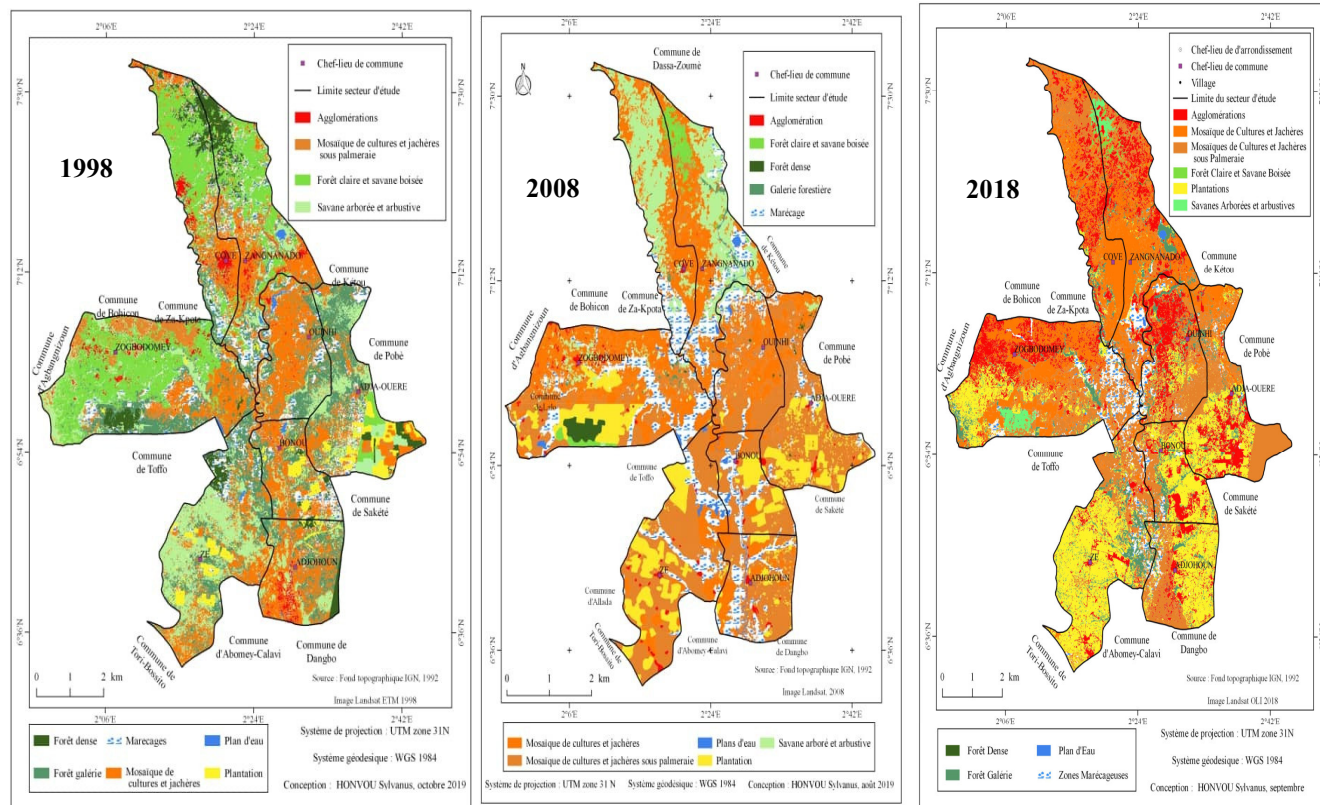


Figure 2: Unités d’occupation du sol des parcours de la BMVO de 1998, 2008 et 2018

Tableau 1: Matrice de transition des UOS entre 1998 et 2008

UOS_1998	UOS_2008										Sup_1998 (Km²)
	FD	FCSB	FG	SAA	PLAN	MCJ	MCJP	PE	AGG	ZM	
FD	105,69	20,97	0,00	11,88	26,76	30,00	20,38	0,00	22,94	0,00	238,6
FCSB	0,00	381,95	0,00	70,60	32,74	48,87	71,84	0,00	97,90	0,00	703,9
FG	0,00	0,00	111,50	0,00	6,13	24,91	15,00	6,96	2,95	16,50	184,0
SAA	0,00	0,00	0,00	245,24	108,20	70,60	70,55	0,00	120,24	0,00	614,8
PLAN	0,00	0,00	0,00	1,42	67,63	7,79	24,00	0,00	9,44	0,00	110,3
MCJ	0,00	0,00	0,00	33,99	10,62	291,09	109,51	0,00	75,19	0,00	520,4
MCJP	0,00	0,00	0,00	98,19	100,02	71,55	332,32	0,00	72,69	0,00	674,8
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,07	0,00	7,20	31,3
AGG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	280,24	0,00	280,2
ZM	0,00	0,00	0,00	0,00	74,38	68,33	83,12	2,95	0,00	253,44	482,2
Sup_2008 (Km²)	105,7	402,9	111,5	461,3	426,5	613,1	726,7	34,0	681,6	277,1	3840,5

UOS: Unités d’Occupation du Sol des parcours, FD : Forêt Dense, FCSB : Forêt Claire et Savane Boisée, FG : Forêt Galerie, SAA: Savanes Arborée et Arbustive, MCJ : Mosaique de Cultures et Jachères, MCJP : Mosaique de Cultures et Jachères sous Palmeraie, PLAN : Plantation, ZM : Zone marécageuse, PE : Plan d’eau, AGG : Agglomération, Sup : Superficie des Unités d’Occupation du sol des Parcours, 105,69 superficie des unités d’occupation du sol des parcours restée stable

Tableau 2: Matrice de transition des UOS entre 2008 et 2018

UOS_2008	UOS_2018										Sup_2008 (Km ²)
	FG	FD	FCSB	SAA	PLAN	MCJ	MCJP	AGG	PE	ZM	
FG	53,22	0,00	0,00	0,00	12,20	10,49	20,95	9,24	0,00	5,41	111,5
FD	0,00	40,70	0,59	29,90	6,89	6,80	10,90	9,96	0,00	0,00	105,7
FCSB	0,00	0,00	6,26	112,90	70,95	50,70	63,24	98,83	0,00	0,00	402,9
SAA	0,00	0,00	0,59	80,00	40,19	91,00	96,50	153,00	0,00	0,00	461,3
PLAN	0,00	0,00	0,00	0,00	140,95	61,60	80,44	143,52	0,00	0,00	426,5
MCJ	0,00	0,00	2,95	0,00	67,10	306,43	10,80	225,86	0,00	0,00	613,1
MCJP	0,00	0,00	0,00	0,00	152,60	74,76	410,37	89,00	0,00	0,00	726,7
AGG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	593,34	0,00	88,25	681,6
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,98	0,00	34,0
ZM	0,00	0,00	0,35	0,00	62,46	100,09	39,95	12,24	0,00	62,00	277,1
Sup_2018 (Km²)	53,2	40,7	10,7	222,8	553,3	701,9	733,2	1335,0	34,0	155,7	3840,5

UOS: Unités d'Occupation du sol des Parcours, FD : Forêt Dense, FCSB : Forêt Claire et Savane Boisée, FG : Forêt Galerie, SAA: Savanes Arborée et Arbustive, MCJ : Mosaïque de Cultures et Jachères, MCJP : Mosaïque de Cultures et Jachères sous Palmeraie, PLAN : Plantation, ZM : Zone marécageuse, PE : Plan d'eau, AGG : Agglomération, Sup : Superficie des Unités d'Occupation du sol des Parcours, **53,22**:superficie des unités d'occupation du sol des parcours restée stable

Tableau 3: Taux de conversion (%) et taux de dégradation (% km²/an) des UOS

UOS	Tc_1998-2008	Td_1998-2008	Tc_2008-2018	Td_2008-2018
FD	55,71	7,828	61,51	9,11
FCSB	45,74	5,43	98,45	30,40
FG	39,38	4,88	52,28	4,05
SAA	60,11	2,83	82,66	7,02
PLAN	38,68		66,95	
MCJ	44,07		50,02	
MCJP	50,75		43,53	
PE	23,03		12,95	
AGG	0,00		0,00	
ZM	47,44		77,62	

UOS: Unités d'Occupation des Parcours, FD : Forêt Dense, FCSB : Forêt Claire et Savane Boisée, FG : Forêt Galerie, SAA: Savanes Arborée et Arbustive, MCJ : Mosaïque de Cultures et Jachères, MCJP : Mosaïque de Cultures et Jachères sous Palmeraie, PLAN : Plantation, ZM : Zone marécageuse, PE : Plan d'eau, AGG : Agglomération, Tc : Taux de conversion, Td : Taux de dégradation

Au cours de cette période les changements d'unité d'occupation du sol sont beaucoup plus observés au niveau des savanes arborées et arbustives et des forêts denses avec des taux de conversion respectifs de 60,11% et 55,71% (Tableau 3). Les forêts claires et savanes boisés, et les forêts galeries ont connu des taux de conversion respectifs de 45,74% et 39,38%. Le taux de dégradation des formations végétales naturelles a varié de 2,83 à 7,82% (Tableau 3). Ce taux est plus élevé au niveau des forêts denses (Tableau 3).

Entre 2008 et 2018, 98,45% de la superficie des forêts claires et savanes boisées ont connu une conversion. Elles sont suivies des savanes arborés

et arbustives avec un taux de 82,66% (Tableau 3). Une superficie de 8000 ha est restée stable entre 2008 et 2018 pour les savanes arborées et arbustives contre 626 ha pour les forêts claires et savanes boisées. Quant aux forêts denses avec une superficie de 10570 ha en 2008, elles ont été transformées en savanes arborées et arbustives (2990ha), en mosaïques de cultures et jachères sous palmeraie (1090 ha) avec un taux de conversion de 61,51%. Au cours de cette période, les forêts claires et savanes boisées ont connu un fort taux de dégradation soit 30,40% contre 7,02% pour les savanes arborées et arbustives (Tableau 3).

Prédiction de la dynamique des parcours de la BMVO

La prédiction a indiqué une dominance des agglomérations soit 39,25% en 2035 et 41,38% en 2050 (Tableau 4). Cette unité sera suivie des plantations (20,27% en 2035 et 21,33% en 2050) et des mosaïques de champs et jachères (17,91% en 2035 et 16,79% en 2050).

La modélisation prédictive des parcours à l'horizon 2035 et 2050 a montré une régression continue des formations naturelles telles que les forêts denses, les forêts galeries, les forêts claires et savanes boisées et les savanes arborées et arbustives au profit des plantations, des mosaïques de cultures et jachères et des agglomérations (Tableau 4).

Tableau 4: Superficies (Km²) des unités d'occupation du sol des parcours de la BMVO en 2035 et 2050

UOS	Superficie 2035	(%)	Superficie 2050	(%)
FD	3,10	0,08	1,48	0,04
FCSB	9,74	0,25	7,35	0,19
FG	23,20	0,60	10,60	0,28
SAA	5,78	0,15	3,48	0,09
PLAN	778,61	20,27	819,17	21,33
MCJ	687,72	17,91	644,86	16,79
MCJP	657,06	17,11	601,09	15,65
PE	31,50	0,82	32,72	0,85
AGG	1507,53	39,25	1589,36	41,38
ZM	136,27	3,55	130,40	3,40
Total	3840,50	100,00	3840,50	100,00

UOS: Unités d'Occupation du Sol des Parcours, FD : Forêt Dense, FCSB : Forêt Claire et Savane Boisée, FG : Forêt Galerie, SAA: Savanes Arborée et Arbustive, MCJ : Mosaïque de Cultures et Jachères, MCJP : Mosaïque de Cultures et Jachères sous Palmeraie, PLAN : Plantation, ZM : Zone marécageuse, PE : Plan d'eau, AGG : Agglomération

Discussion

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol des parcours de la BMVO de 1998 à 2018 a montré une dégradation des parcours en termes de diminution des formations naturelles au profit des mosaïques de cultures et jachères. Les facteurs de modification profonde de la végétation sont liés aux activités anthropiques (la production agricole, le bois de feu, la carbonisation, le feu de végétation et la pâture). En effet, le défrichement est une pratique courante pour l'installation de nouvelles cultures. Nos résultats ont montré que le taux de dégradation

des formations naturelles a varié de 3,33% pour les savanes arborées et arbustives à 13,01% pour les forêts claires et savanes boisées de 1998 à 2018. Ce qui justifierait l'extension des emblavures des espaces cultivés qui ont connu un accroissement variant de 31 à 37% au détriment des forêts et savanes. Cette extension des terres agricoles implique le déboisement des formations végétales naturelles telles que les forêts galeries, les forêts denses et les savanes arborées et arbustives par les producteurs à la recherche de terres fertiles à cause probablement de la baisse de rendement des cultures, mais aussi, de l'accroissement sans cesse de la population dont il faut satisfaire les besoins vitaux ou améliorer les revenus. Malheureusement, la technique culturale semble restée traditionnelle sans une amélioration remarquable. Elle est caractérisée par la culture itinérante sur brulis, sans apport d'un minimum d'engrais chimique ou organique pour la conservation de la fertilité du sol. Les activités agricoles constituent l'une des principales causes de la tendance régressive des formations végétales naturelles et de leur dégradation comme les études précédentes l'ont montré dans les zones de parcours du Bénin (Ali et al., 2014 ; Mama et al., 2014 ; Djohy et al., 2016 ; Padonou et al., 2017).

En dehors des activités agricoles, l'abattage des arbres pour le bois de feu et la fabrication du charbon de bois comme source d'énergie constituent également des actions directes de destruction des formations végétales naturelles. Selon Ali et al. (2014), cette pratique de déboisement des formations naturelles n'épargne pas des forêts sacrées ou communautaires de la zone d'étude. Cette destruction des essences autochtones des formations naturelles qui sont remplacées par des plantations artificielles avec des essences exotiques telles que *Acacia auriculiformis* et *Tectona grandis* modifie le paysage et pourrait affecter négativement la biodiversité des espèces autochtones (Houessou et al., 2013 ; Arouna et al., 2016). Par ailleurs, la coupe des ligneux active l'érosion éolienne et hydrique avec pour conséquence le drainage de la partie arable des terres cultivées. Cette situation est aussi l'une des causes de la baisse de la fertilité qui affecte négativement les rendements des cultures et justifie l'extension des terres cultivées enregistrées. Par ailleurs, la récession pluviométrique observée au Bénin au cours des quatre dernières décennies bouleverse le calendrier culturel qui probablement affecte la baisse du rendement (Vissoh et al., 2012 ;

Djohy et al., 2015). Ainsi, pour faire face à cette baisse de rendement des cultures, les producteurs de la BMVO comme ceux d'autres régions du Sud du Bénin ont envahi les terres des savanes, des forêts galeries et les plaines inondables pour la culture du riz et des cultures de contre saison (Baudoin, 2010 ; Atidegla et al., 2017).

Par contre, la pratique de feux de végétation et l'émondage de certains ligneux fourragers tels que *Pterocarpus santalinoides* et de *Kigelia africana* par les transhumants (Honvou et al., 2018) dans la BMVO, constituent des actions indirectes de destruction des formations végétales à travers les stress physiologiques qui ralentissent leur croissance ou accélèrent leur dégénérescence précoce. De même, par la coupe entière de toute la masse foliaire des espèces comme *K. senegalensis*, *A. africana*, *P. erinaceus* et *D. oliveri* (Gaoue & Ticktin, 2007 ; Sèwadé et al., 2016) ; pour alimenter les animaux, les éleveurs réduisent ainsi la capacité de régénération de ces espèces. En effet, ces pratiques affectent la production des semences dans la nature (Papanastasis et al., 1998 ; Griscom et al., 2005 ; Teka et al., 2007). En effet, la coupe régulière du feuillage des arbres empêche la production de semence du fait que la phase physiologique de leur reconstitution n'atteint pas le seuil critique de déclenchement de la production des graines avant la prochaine coupe de la saison suivante (Sèwadé, 2017).

L'autre impact du déboisement des forêts et savanes est l'installation des graminées fourragères vivaces tels *Andropogon gayanus*, *Andropogon tectorum* et *Setaria megaphylla*. En effet, l'éclaircie créée par la réduction ou l'élimination des ligneux, a permis aux graminées des sous-bois de capter plus de lumière pour leur croissance accélérée et leur développement. Ces graminées constituent pour les ruminants, une source d'alimentation énergétique qui justifie probablement l'affluence périodique des transhumants dans la BMVO. La BMVO dispose également des ressources en eau par la présence du fleuve Ouémé et de ses affluents. Par ailleurs, l'extension des champs de cultures qui génère des résidus de récolte comme ressource alimentaire permet aux bovins transhumants de s'alimenter pendant la saison sèche.

La simulation de l'occupation du sol des parcours dans cette étude participe de la nécessité de comprendre le fonctionnement de l'espace paysager. Selon Béné et al. (2005) et Orékan, (2007), l'importance de la modélisation prédictive

n'est pas de déterminer de façon précise le devenir d'un territoire mais d'amener les décideurs à être proactifs afin d'anticiper la dégradation instantanée des ressources naturelles. D'un point de vue méthodologique, l'outil employé offre à la fois simplicité et souplesse d'utilisation dans la mesure où plusieurs options peuvent être choisies en fonction de l'état des connaissances (Ladet et al., 2005). D'un point de vue thématique, les mêmes auteurs rapportent que les simulations peuvent servir à alimenter des modèles de dynamiques écologiques concernant la biodiversité.

Dans le cas de notre étude, l'utilisation du modèle de simulation de paysage basé sur les processus Markoviens spatialisés à l'aide des modules d'IDRISI a permis de prédire les évolutions futures de façon réaliste sur la base de l'histoire paysagère de la BMVO comme l'ont rapporté Turner et Geoghegan (2003). La simulation indique un changement paysager profond. Toutefois, cette évolution future n'a pas pris en compte l'évolution de la population, la modification des pratiques d'utilisation des terres notamment l'accueil des transhumants locaux et transfrontaliers et d'éventuel projet d'aménagement.

Conclusion

La dynamique des unités d'occupation du sol des parcours de la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé (BMVO) de 1998 à 2018 a révélé une régression des savanes et forêts et une progression des formations anthropisées composés de plantations des espèces introduites et des mosaïques de cultures. Par ailleurs, la projection à l'horizon 2035 et à l'horizon 2050 a confirmé une forte anthropisation et une urbanisation des parcours de la BMVO si les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles sont maintenues. L'agriculture extensive, la carbonisation, la recherche de bois de feu et le surpâturage sont les facteurs mis en cause pour la dégradation des formations végétales. Cette situation implique la nécessité de mettre en place des stratégies de gestion des ressources végétales afin de limiter la perte de la biodiversité à travers l'utilisation des engrais chimiques et organiques pour les cultures et l'adaptation du cheptel au disponible fourrager. Les études futures de la dynamique de l'occupation des terres devront intégrer les facteurs socio-économiques, les unités géomorphologiques pour l'analyse approfondie.

Références bibliographiques

- Abdel-Kawy OR, Rod JK, Ismail HA, Suliman AS. 2011. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography* 31:483-494 [oi:10.1016/j.apgeog.2010.10.012](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.10.012).
- Adomou AC. 2010. Territoires phytogéographiques au Bénin. In: Sinsin B. & Kampman D., (éds). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1 : Bénin. Cotonou, Bénin et Frankfurt/Maim, Allemagne : BIOTA, pp. 134-143.
- Agossou G, Gbehounou G, Zahm F, Agbossou EK. 2015. Typologie des exploitations agricoles de la basse vallée de l'Ouémé, République du Bénin. *Agronomie Africaine* 27 (3): 285 – 300.
- Ali RKFM, Odjoubere J, Tente ABH, Sinsin AB. 2014. Caractérisation floristique et analyse des formes de pression sur les forêts sacrées ou communautaires de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin. *Afrique SCIENCE* 10 (2): 243 – 257.
- Alimi RM, Biaou C, Egboou PB. 2015. Analyse des dynamiques sociales liées à une gestion apaisée de la transhumance dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé et sa zone d'influence en république du Bénin. Rapport d'étude, SNV-Bénin. 71p.
- Ange M, Bekpa K, Sinsin B. 2014. Transhumance and conflicts management on Agonlin plateau in Zou department (Benin). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 4 (5): 132-145.
- Arouna O, Etene CG, Issiako D. 2016. Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 108: 10531-10542. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v108i1.7>
- Arouna O. 2012. Cartographie et modélisation prédictive des changements spatiotemporels de la végétation dans la commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat unique. Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 162p.
- Atchade GAA, Vissin EW, Gbenou P, Chabi BIH Lavinon SRF. 2017. Cultures de contre-saison dans la commune d'Adjohoun au Bénin : entre atouts et contraintes. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, 2:172-184.
- Atidegla SC, Koumassi HD, Houssou ES. 2017. Variabilité climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomey-Gblon au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5): 2254-2269. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.24>
- Baudoin MA. 2010. L'adaptation aux changements climatiques au sud du Bénin: Une analyse de la politique internationale et des besoins locaux. *Geo-Eco-Trop.* 34 : 155–169.
- Bénié GB, Kaboré SS, Goïta K, Courel MF. 2005. Remote sensing-based spatiotemporal modeling to predict biomass in Sahelian grazing ecosystem. *Ecological Modelling*, 184: 341–354.
- Dimobe K, Wala K, Batawila K, Dourma M, Woegan YA, Akpagana K. 2012. Analyse spatiale des différentes formes de pressions anthropiques dans la réserve de faune de l'Oti-Mandouri (Togo), *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, Hors-série 14, mis en ligne le 15 septembre 2012, consulté le 13 janvier 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/12423> ; DOI : 10.4000/vertigo.12423.
- Direction Nationale de la Météorologie (DNM), 2018. Données climatiques de température et de pluviométrie dans la station synoptique de Bohicon de 1978 à 2017
- Djèrontin PJA, Madjidou O, Houinato MR, Mensah GA, Sinsin BA. 2012. Le calendrier pastoral en élevage extensif dans le Nord-Est du Bénin : un outil de gestion du cheptel bovin de l'exploitation Secheresse 23 (4): 261-270.
- Djohy GL, BoïWosso E, Kinzo NE. 2015. Variabilité climatique et production cotonnière dans la commune de Kandi au Nord Bénin. XXVIII Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège 2015. pp 325-330.
- Djohy GL, Vodounon HST, Kinzo NE. 2016. Dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de Sinende au Nord-Benin. *Cahiers du CBRST*, 9 : 101-121. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01567316>
- Foody MG. 2002. Statuses of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80: 185-201.
- Gaoue OG, Ticktin T. 2007. Patterns of harvesting non-timber forest product from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: variation across climatic regions and its impacts on population structure. *Biological Conservation*, 137: 424-436. doi:10.1016/j.biocon.2007.02.020.
- Griscom HP, Ashton PMS, Berlyn GP. 2005. Seedling survival and growth of native tree species in pastures: Implications for dry tropical forest rehabilitation in central Panama. *Forest Ecology and Management*, 218: 306-318. doi:10.1016/j.foreco.2005.08.026.
- Honvou SHS, Aboh AB, Teka O, Gandonou CB, Oumorou M, Mensah GA, Sinsin B. 2018. Composition floristique et potentiel fourrager des principaux ligneux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé en zone guinéo-soudanienne du Bénin. *J. Appl. Biosci.* 131: 13258 – 13270. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v13i11.2>
- Honvou SHS, Aboh BA, Sèwadé C, Teka O, Gandonou BC, Oumorou M, Sinsin B. 2021. Diversité floristique,

structure et distribution des groupements végétaux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(1), 81-96. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i1.8>

Houessou LG, Teka O, Imorou IT, Lykke AM, Sinsin B. 2013. Land use and land cover change at W biosphere reserve and its surroundings areas in Benin Republic (West Africa). *Environ. Nat. Resour. Res.* 3 : 87–101

INSAE. 2015. RGPH4 : Que retenir des effectifs de population en 2013 ? Direction des études démographiques. 33p.

Kioko J, Okello MM. 2010. Land use cover and environmental changes in a semiarid Rangeland, Southern Kenya. *Journal of Geography and Regional Planning*, 3 (11): 322-326.

Kountangni MG, Yabi I, Toko Imorou I. 2019. Cartographie de la dynamique environnementale sur les parcours naturels des troupeaux bovins dans la Commune de Savalou au Bénin. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 12 : 37-45 DOI : <http://doi.org/10.5281/zenodo.2610516>.

Ladet S, Deconchat M, Monteil C, Lacombe JP, Balent G, 2005. Les chaînes de Markov spatialisées comme outils de simulation : usages, avantages et limites. *Revue internationale de géomatique* 15 (2) : 159-173

Laleye P, Akele D, Philippart JC. 2005. La pêche traditionnelle dans les plaines inondables du fleuve Ouémé au Bénin. *Cahiers d'Ethologie*. 22: 25-38.

Laleye P, Chikou A, Philippart JC, Teugels GG, Vandewalle P. 2004. Etude de la diversité ichthyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cybiuim*. 28: 329-339.

MAEP. 2011. Plan stratégique de relance du secteur agricole (PSRSA). 116 p.

Maestriperi N, Paegelow M. 2013. Validation spatiale de deux modèles de simulation : l'exemple des plantations industrielles au Chili. *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], document 653, mis en ligne le 12 septembre 2013, consulté le 24 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/26042>; DOI:10.4000/cybergeo.26042.

Mama A, Bamba I, Sinsin B, Bogaert J, De Cannière C. 2014. Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages de savanes-forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Bois et forêts des tropiques*, 322 (4), 65-75.

Matsushita B, Xu M, Fukushima T. 2006. Characterizing the changes in landscape structure in lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset. *Landscape and Urban Planning*, 78: 241-250.

Ngom D, Charahabil MM, Sarr O, Bakhoum A, Akpo LE. 2014. Perceptions communautaires sur les services écosystémiques d'approvisionnement fournis par le peuplement ligneux de la Réserve de Biosphère du Ferlo (Sénégal) », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], 14(2) mis en ligne le 16 septembre 2014, consulté le 13 janvier 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/15188>; DOI : 10.4000/vertigo.15188.

Obossou FK, Adjakpa JB, Dansi MF, Dissou FE, Azonningbo SHW, Yedomonhan H. 2020 Étude floristique et structurale de la forêt communautaire d'ahouanhouzoukan à Tévèdji dans la commune de Ouinhi au sud-bénin. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 35 : 288-308.

Oloukoi J. 2013. Scénario socio-économique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin. *Revue électronique en science de l'environnement*, 13: 2-22.

Orekan VOA. 2007. Implementation of the local land-use and land-cover change model CLUE-s for Central Bénin by using socio-economic and remote sensing data. PhD. Thesis, Bonn University, 204 p.

Padonou EA, Lykke AM, 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.

Papanastasis VP, Platis PD, Dini-Papanastasis O. 1998. Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrub plantations. *Forest Ecology and Management*, 110(1-3): 283-292.

Sarr MA. 2008. Variabilité pluviométrique en Afrique de l'ouest : dynamiques des espaces végétaux à partir des images satellitaires. Exemple du bassin versant de Ferlo (Sénégal). *Journées de Climatologies. Climat et Société : climat et végétation*, Nantes (France), pp. 57-75.

Schöneegg G, Martel P, Sano B, Noufou S. 2006. Les conflits liés à la transhumance transfrontalière entre le Niger, le Burkina Faso et le Bénin. Service Allemand de Développement (DED). Division Développement Rural, Gestion des Eaux et des Ressources Naturelles 74p.

Sèwadé C, Azihou AF, Fandohan AB, Houéhanou DT, Houinato M. 2016. Diversité, priorité pastorale et de conservation des ligneux fourragers des parcours en zone soudano-guinéenne du Bénin. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, 20 (2) : 113-129.

Sèwadé C. 2017. Diversité, biomasse foliaire des ligneux fourragers et capacité de charge des parcours des zones de transition Guinéo-Congolaise/Soudanienne du Bénin. Thèse de Doctorat. EDSA/E/FSA/UAC, 242p.

Sounon Kon'De LSA, Lesse P, Ickowicz A, Messad S, Houinato M, Mensah GA. 2019. Évolutions des systèmes

d'élevage bovin au nord-ouest du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). Numéro Spécial Interdisciplinaire Septembre 2019, 22-29.

Teka O, Vogt J, Sinsin B. 2007. Impacts de l'élevage sur les ligneux fourragers et contribution à la gestion intégrée de *Khaya senegalensis* et *Azelia africana*, deux espèces menacées d'extinction dans la région des Monts-Kouffé au Bénin. Bull. Rech. Agron. Bénin, 55 : 25-35.

Tobada CP, Houemenou G, Ahounou GS, Dotche OI, Ahokossi CAAG, Dilanon M, Youssao AKI. 2018. Caractéristiques de l'élevage des bovins de race Lagunaire dans la vallée de l'Ouémé. Revue Internationale des Sciences Appliquées. 4 : 6-20.

Toko MI, Touré F, Toko II, Sinsin B. 2012. Indices de structures spatiales des îlots de forêts denses dans la région des Monts Kouffé. VertigO- la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], 12 (3), mis en

ligne le 16 novembre 2012, consulté le 04 janvier 2013. DOI: 10.4000/vertigo.13059

Turner BL II, Geoghegan J. 2003. Land-cover and land-use change (LCLUC) in the Southern Yucatán Peninsular Region (SYPR): An integrated approach. People and the environment: approaches for linking household and community surveys to remote sensing and GIS. Kluwer Acad Press, Boston USA, pp. 31-60.

Vissoh PV, Tossou RC, Dedehouanou H, Guibert H, Codjia OC, Vodouhe SD, Agbossou EK. 2012. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin », Les Cahiers d'Outre-Mer 260 : 479-492. Mis en ligne le 01 octobre 2015, consulté le 04 janvier 2016. <http://com.revues.org/6700> ; DOI : 10.4000/com.6700.