

Caractérisation spatiale et état de conservation des ilots de forêts communautaires du bassin versant de Klikpa au Togo

Spatial characterization and state of conservation of community forest patches in the Klikpa watershed in Togo

Koumoï Achraf^{1*}, Atato Abalo², Kanda Madjouma¹, Noundja Liyabin¹, Folega Fousseni¹, Wala Kperkouma¹, Batawila Komlan¹

¹ Géomatique et Modélisation des Ecosystèmes, Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale (LBEV), Département botanique, Faculté des sciences (FDS), Université de Lomé (UL), 01 BP 1515, Lomé 1, Togo

² Faculté des Sciences et Techniques (FaST), Université de Kara, BP 43, Kara-Togo

(*) : Auteur correspondant: koumoiaachraf19@gmail.com

Comment citer l'article : Koumoï Achraf, Atato Abalo, Noundja Liyabin, Kanda Madjouma, Folega Fousseni, Wala Kperkouma, Batawila Komlan (2023) Caractérisation spatiale et état de conservation des ilots de forêts communautaires du bassin versant de Klikpa au Togo. *Rev Ecosystèmes et Paysages (Togo)*, 3(2) : 1-16, e-ISSN (Online) : 2790-3230
DOI : <https://doi.org/10.59384/reco-pays.tg3213>

Reçu : 1 octobre 2023

Accepté : 15 décembre 2023

Publié : 30 décembre 2023



Copyright: Published under a Creative Commons Attribution (CC-BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Résumé

La présente étude menée sur les ilots de forêts communautaires du bassin versant de Klikpa dans la préfecture de l'Avé a pour objectif de contribuer à la gestion durable des forêts communautaires au Togo. Sur la base des images Spot 6 en date de 2020 fournies à Google Inc par Astrium Services, une cartographie des différentes unités d'occupation des terres a été réalisée sous le logiciel Google Earth Pro et QGIS 3.10. À l'échelle du Bassin Versant de Klikpa, les terres cultivées représentent la matrice paysagère recelant les autres formes d'occupation des terres. Trois (3) types d'occupation majeure de terre ont été identifiés et cartographiés. Il s'agit des installations humaines (18,24 %), les terres cultivables (58,81 %) et les terres forestières (22,95%). Les inventaires floristiques, couplés aux inventaires forestiers et écologiques (50 m x 20 m) réalisés dans 63 relevés ont permis d'identifier quatre (4) groupements végétaux suite aux analyses factorielles par correspondance. Il s'agit des groupements à dominance *Azadirachta indica* A.Juss et à *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby (G1), *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby et à *Tectona grandis* L.f. (G2), *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr et à *Holarrhena floribunda* (G.Don). Durand et Schinz (G3) *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby et à *Caesalpinia pulcherima* L. (G4). La plus grande hauteur moyenne (15,73±0,4 m) ainsi que le diamètre moyen et la surface terrière sont plus élevés dans G3. Cependant, le G1 a une densité (382,5±0,32 pieds/ha) plus élevée que les autres. La distribution par classe de hauteur des individus du Bassin Versant de Klikpa (BVK) présente une allure en cloche. Elle donne par ajustement de Weibull, un « c » supérieur à 3,6 traduisant la présence des individus de hauteurs moyennes. La distribution des individus par classe de diamètre donne une allure en « L » dans les différentes formations traduisant une forte présence des individus jeunes. En fin les deux sources de données (spatiale et écologique) ont été croisées après une codification pour évaluer le niveau de conservation des ilots.

Mots clés

Forêts communautaires, biodiversité, caractérisation, conservation, bassin versant

Abstract

This study of community forest patches in the Klikpa watershed in the Avé prefecture aims to contribute to the sustainable management of community forests in Togo. Based on Spot 6 images from 2020 provided to Google Inc by Astrium Services, a map of the various land-use units was produced using Google Earth Pro and QGIS 3.10 software. At the scale of the Klikpa watershed, cultivated land represents the landscape matrix containing the other forms of land use. Three (3) major land use types were identified and mapped. These were human settlements (18.24%), arable land (58.80%) and forest land (22.95%). The floristic inventories, coupled with the forestry and ecological inventories (50 m x 20 m) carried out in 63 surveys, enabled four (4) plant groups to be identified following correspondence factorial analyses. These are groups dominated by *Azadirachta indica* A.Juss and *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby (G1), *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby and *Tectona grandis* L.f. (G2), *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr and *Holarrhena floribunda* (G.Don). Durand et Schinz (G3) *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby and *Caesalpinia pulcherima* L. (G4). The greatest mean height (15.73 ± 0.4 m) as well as mean diameter and basal area are higher in G3. However, G1 has a higher density (382.5 ± 0.32 ft/ha) than the others. The height-class distribution of BVK trees is bell-shaped. By Weibull adjustment, it gives a "c" greater than 3.6, reflecting the presence of medium-height trees. The distribution of individuals by diameter class shows an "L" shape in the various formations, reflecting a strong presence of young individuals. Finally, the two sources of data (spatial and ecological) were cross-referenced after coding to assess the level of conservation of the patches.

Key words: community forest, biodiversity, characterization, conservation, watershed

1. Introduction

Les écosystèmes continentaux africains abritent une richesse floristique et faunique impressionnante (Folega et al., 2023a; Mengue-Medou, 2002). Cette richesse de la biodiversité se retrouve dans la plupart des cas dans des écosystèmes forestiers (Biaou et al., 2019). Ces derniers ont une grande importance dans le maintien de l'équilibre global de la planète (Biaou et al., 2019) car ils soutiennent à plus de 80 % la biodiversité terrestre. Ces écosystèmes subissent une dégradation de plus en plus forte qui aboutit à une modification de la physionomie des formations végétales et à une érosion de la biodiversité (Woegan, 2011a). Ce phénomène est dû à plusieurs raisons en l'occurrence l'agriculture itinéraire sur brulis, les feux de végétation, la surexploitation des ressources phytogénétiques, le surpâturage, la pression démographique (Adjonou et al., 2010).

Parmi les pays à fort taux de déforestation au plan mondiale figure le Togo avec 5,7 % (Atakpama et al., 2022a; A. A. Folega et al., 2021; Livermore et al., 2011). Au Togo, le recul de la couverture forestière est dû spécialement à l'insuffisance des capacités techniques et au faible niveau d'information des communautés, mais aussi à la volonté d'augmenter la productivité dans les paysages forestières (Atakpama et al., 2022b; Diwediga et al., 2015; F. Folega et al., 2017a; Kombate et al., 2020). Aussi il faut noter l'abandon de bonnes pratiques de gestion durable héritées des troubles sociopolitiques de la décennie 1990 qu'a connu le pays lors du processus de démocratisation (Polo-Akpisso et al., 2016). A cela s'ajoute la prééminence de l'informelle qui gangrène le secteur de la foresterie (Adjonou et al., 2010; Dimobe et al., 2012a) et surtout l'augmentation des besoins humains dus à l'augmentation sans cesse croissante de la population humaine (Atakpama et al., 2021). C'est ainsi que les autorités togolaises ont pris la décision de mettre en place plusieurs aires protégées sur toute l'étendue du territoire national (Dimobe et al., 2014). Les forêts sacrées et les initiatives de promotion des forêts communautaires complètent cette liste. Depuis des années, sur la base des croyances et les traditions, ces dernières ont permis une conservation très efficace de la biodiversité (Ago et al., 2005; Atakpama et al., 2023; Kokou & Sokpon, 2006). C'est la preuve pour laquelle certains considèrent ces forêts comme le refuge d'un grand nombre d'espèces végétales et animales (Ago et al., 2005; Woegan, 2011b). Malgré le rôle de refuge qu'elles jouent, ces forêts sont toujours sous l'emprise d'une multitude de menaces d'origine anthropique (Adjonou et al., 2010; Kokou & Sokpon, 2006). Elles rendent d'énormes services à la communauté villageoise. Par exemple, au sein d'une communauté rurale, les écosystèmes forestiers jouent un rôle de premier plan dans le mode de vie des habitants (Pereki, et al., 2017b).

Les forêts communautaires ont le potentiel d'améliorer à la fois les conditions de vie des populations riveraines et de servir de support à des activités de protection et de gestion durable des ressources naturelles y compris les arbres (Tobith & Cuny, 2006). Selon certaines études, les pays de l'Afrique de l'Ouest détiennent le record mondial par rapport à la dégradation du potentiel forestier qui existe (Folega et al., 2017b). De nos jours, plusieurs études mentionnent la fragmentation des milieux naturels comme un phénomène récurrent auquel le monde fait face (Folega et al., 2018a; Kombate et al., 2020). Les effets des changements climatiques actuels exacerbent cette situation et rendent les écosystèmes forestiers plus vulnérables (Bigma et al., 2022).

L'évaluation du niveau de conservation de ces écosystèmes au Togo est très peu abordée (Koumoi et al. 2022). Ainsi le suivi permanent dans la conservation et la gestion des écosystèmes restent négligeable entraînant une perte à grande échelle de ces écosystèmes due à la dégradation et la déforestation sans cesse dans les forêts destinées à conserver la biodiversité (Biaou et al., 2019). Cependant, la conservation de l'habitat constitue l'un des cibles majeures de la conservation sur la biodiversité à travers les stratégies globales pour la conservation des plantes. La conservation de la diversité biologique des forêts revêt une importance primordiale, non seulement pour promouvoir la conservation de la nature mais aussi comme élément clé de la gestion durable des forêts (Burley & Johnson, 2002).

Malgré les efforts entrepris par le Togo dans la conservation des écosystèmes, la pression anthropique notamment l'expansion de la surface cultivée et l'explosion démographique rendent ces écosystèmes de plus en plus fragiles et plus vulnérable (Atakpama et al., 2019; Atakpama et al., 2022b; Dimobe et al., 2012b, 2022; Folega et al., 2017b, 2018a; Folega et al., 2023b). Une étude sur l'état de conservation et les modes de gestion des îlots forestiers par caractérisation spatiale et les inventaires pourrait contribuer à mieux gérer les forêts communautaires car les inventaires sont incontournables dans la politique de gestion durable des ressources ligneuses (Thiombiano et al., 2016). Ainsi, le présent travail est une contribution à la connaissance des forêts communautaires pour une gestion durable de la diversité biologique au Togo. Il permettra notamment de : (i) caractériser les formes d'utilisation des terres des îlots forestiers du BVK ; (ii) déterminer la diversité structurale de la végétation de ces îlots forestiers et (iii) évaluer l'état de conservation de ces îlots forestiers.

2. Matériel et Méthode

2.1 Description du Togo

Le BVK a une superficie de 243,176 Km² (Koumoi et al ; 2022). Il est situé dans la préfecture de l'Avé, et est à cheval sur les cantons d'Assahoun, d'Ando, Dzolo, Kévé et Badja (Figure 1). Il est localisé entre 6° 10' et 6° 50' latitude Nord et 0° 9' et 1° 10' longitude Est. Il se situe à 81m d'altitude.

Le réseau hydrographique est peu dense et se limite à quelques ruisseaux saisonniers. Ils coulent dans les vallées larges sous forme de marécages. Ils forment des plans d'eau divagants entraînant donc des inondations et créant des zones marécageuses. La construction des retenues d'eau (aux fins agricoles et parfois ménagères) est réalisée pour la gestion de ces zones marécageuses.

Le BVK jouit d'un climat guinéen à régime bimodal comme l'ensemble du Sud du Togo avec une température moyenne annuelle d'environ 27°C et une amplitude thermique moyenne estimée de 3 à 4°C. Le BVK reçoit en moyenne une précipitation qui avoisine 1200 mm d'eau/an avec des maxima centrés sur les mois de mai-juin et septembre-octobre (Hetcheli, 2013). La pluviométrie plus élevée dans la zone engendre des plans d'eau temporaires, ce qui provoque des risques d'inondations.

D'après le 5^e recensement générale de la population et de l'habitat (RGPH) en 2022, la population du BVK est estimée à 59009 habitants. La population est très concentrée dans les villes d'Assahoun, Kévé, Dzolo, Badja et leur environ. Le reste de la zone est moins peuplé.

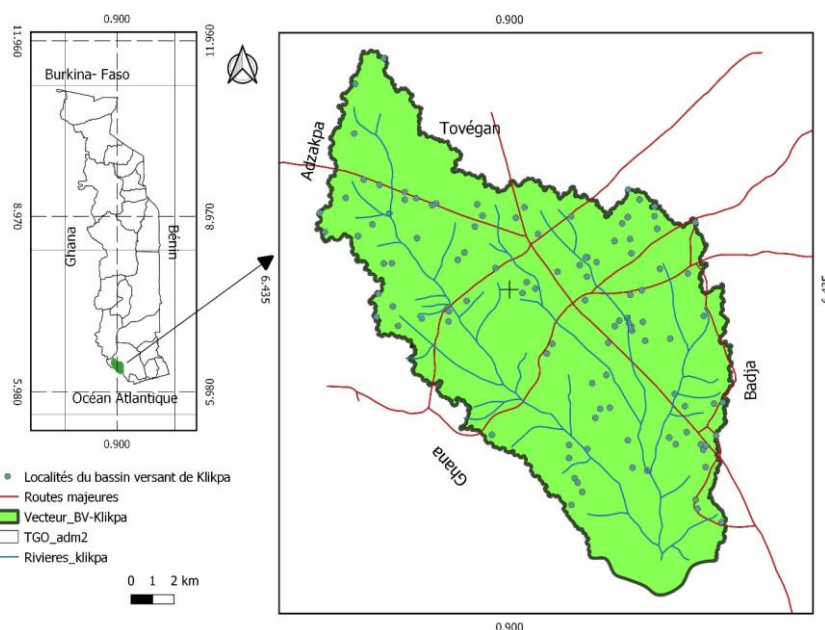
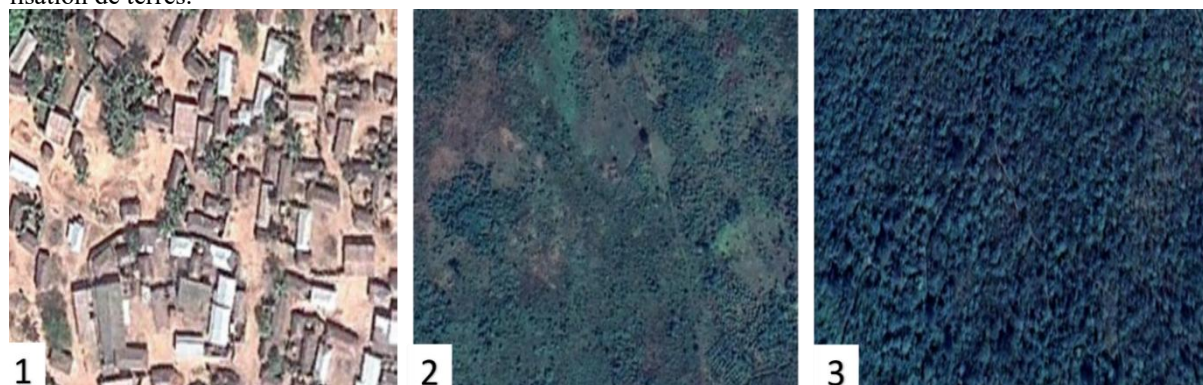


Figure 1. Carte de la zone d'étude

2.2. Collecte des données

La cartographie des différentes unités d'utilisation des terres majeures du bassin a consisté à photo-interpréter et à digitaliser les images directement sur l'interface du logiciel Google Earth Pro. Il s'agit des images de hautes résolutions (Spot, IKONOS, Digital Globe). Chaque unité d'occupation est identifiée à l'intérieur des différents ilots et le périmètre digitalisé sous forme de polygone puis nommé et classés. Les formes d'utilisation de terre suivantes se distinguent : les installations humaines ; les terres forestières et les terres cultivables (figure2). Les vecteurs issus de la digitalisation sont obtenus sous format « KML » (Keyhole Markup Language) que l'on a convertie ensuite en Shapefile (« SHP ») grâce au logiciel QGIS 3.10 pour une utilisation optimale de ces vecteurs dans les différents traitements cartographiques. Le logiciel QGIS 3.10 a permis à la réalisation de la carte d'utilisation de terres.



1. Installation humaine 2. Terre cultivée 3. Terre forestière

Figure 2. Formes d'occupation de terre telles que vues sur l'interface du logiciel Google Earth

2.3. Inventaires floristiques, forestiers, de régénération et écologique

La collecte des données floristiques, forestières et écologiques a été réalisée au sein de tous les ilots forestiers de la zone d'étude repérés dans Google Earth pro. Ils sont au nombre de soixante-trois (63) ilots de forêts communautaires. Toutes les espèces ont été inventoriées dans des relevés de forme rectangulaire de 50 x 20 m utilisés dans des études similaires (Descoings, 1970; F. Folega et al., 2022; Folega et al., 2023a; Thiombiano et al., 2016). Toutes les espèces de chaque placette ont été inventoriées et attribuées d'un coefficient d'abondance/dominance suivant l'échelle de Braun-Blanquet (1932) (Braun-Blanquet, 1932).

Les espèces ligneuses ayant un diamètre à hauteur de poitrine ≥ 10 cm ont fait l'objet de mesures dendrométriques. Les variables qui ont fait l'objet de mesures sont : le diamètre (D) à hauteur de poitrine (1,30 m du sol) qui est mesuré au moyen du ruban Pi, la hauteur totale (HT), la hauteur fût (HF) ou de la tige (Adjonou et al., 2010; Rondeux, 2021). L'inventaire des descripteurs écologiques a complété chaque relevé. Il a concerné le type de substrat édaphique, l'humidité du sol, la submersion, le type de végétation, le taux de recouvrement global, la fermeture de la formation, la pente, l'exposition, l'agrégation des peuplements, la dominance et l'associabilité. La situation topographique et les activités anthropiques (passage du feu, pâturage, coupe de bois, prélèvement des produits forestiers non ligneux (PFNL) ont également été renseignées (Folega et al., 2018b). Les coordonnées géographiques de chaque relevé d'inventaire ont été relevées à l'aide d'un récepteur GPS (Global Positioning system).

2.4. Analyse et traitement de données

Analyse et traitement des données spatiales

Le traitement des données d'imagerie satellitaire s'est fait par digitalisation et vectorisation sous format KMZ des différentes unités d'occupation des terres sous Google Earth. Les différents fichiers KMZ des unités d'occupations de sol ainsi digitalisées et vectorisée sont transférées dans le logiciel QGIS 3.10 pour la réalisation de la carte thématique. Les différentes unités d'utilisations de terre ont été catégorisées en trois (3) classe suivant la classification de GIEC. Il s'agit des installations humaines, les terres cultivables et les terres forestières. Les données tabulaires ont été extraites pour des analyses spatiales dans le tableur Microsoft Excel.

Analyse et traitement des données forestiers et écologiques

Les paramètres dendrométriques tels que la densité des tiges à l'hectare (D), la hauteur moyenne de Lorey (Hm en m), le diamètre moyen (Dm en cm), la surface terrière (G en m^2 / ha) et le taux de régénération ont été calculés selon les formules suivantes.

- Densité totale des ligneux :

$$D = \frac{n}{S} \times 0,0001$$

n : Nombre de pied et S : Aire de relevé en ha

- Diamètre moyen (Dm) des arbres :

$$Dm = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

n : Nombre de pieds et **di** : le diamètre à 1,30 m de l'arbre *i*

- Hauteur moyenne de Lorey, la moyenne des hauteurs des arbres inventoriés sera pondérée par leur surface terrière (Philip, 2002) :

$$HL = \frac{\sum_{i=1}^n h_i g_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \text{ Avec } g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$$

gi et **hi** sont respectivement la surface terrière et la hauteur de l'arbre.

- Surface terrières (G) des ligneux :

$$G = \frac{\pi}{4s} \sum_{i=1}^n 0,0001 d_i^2$$

di et **s** sont respectivement le diamètre (cm) des arbres de la placette et la surface (m) de la placette en hectare.

Pour mieux rendre compte de la structure démographique des ligneux, la distribution des individus par classe de diamètre et de hauteur a été effectuée en utilisant la distribution de Weibull pour représenter la structure du peuplement. Elle se fonde sur la fonction de densité de probabilité définie par Rondeux (Rondeux & Sanchez, 2010).

$$F(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x-a}{b} \right)^c}$$

« x » est le diamètre ou la hauteur des arbres

« a » est le paramètre de position : Il est non nul si les arbres considérés ont un diamètre ou hauteur supérieur ou égale à « a » et nul si toutes les catégories d'arbres sont considérées.

« b » est le paramètre de taille ou d'échelle lié à la valeur centrale des diamètres ou hauteurs des arbres du groupement considéré ;

« c » est le paramètre lié à la structure de diamètre ou hauteur considérée : si c'est < 1, on a une prédominance des jeunes pieds ;

1 < c < 3,6 prédominances de pieds moyens et c > 3,6 on a une prédominance des pieds âgés.

Analyse des paramètres de l'état de conservation

L'évaluation du niveau de conservation des ilots s'est faite suivant l'approche spatiale et écologique. L'approche spatiale a pris en compte les superficies des différentes formes d'occupation de terre ainsi que la fragmentation. Les superficies ont été considérées car la définition d'une forêt se fait toujours en référence d'une aire. Les paramètres anthropiques pris en compte sont les feux de végétation, le pâturage, la collecte des produits forestiers non ligneux (PFNL) et la coupe de bois (Atsri et al., 2018). Les activités anthropiques ont été considérées, car les pressions anthropiques entraînent les dysfonctionnements et la perte des valeurs bioécologiques des écosystèmes (Orsi et al., 2012). Enfin la richesse spécifique est considérée, car elle donne une idée précise sur l'état de la forêt (Thiombiano et al., 2016). Tous les paramètres ayant servi pour l'évaluation de l'état de conservation ont été codifiés de 1 à 3. Le tableau 1 résume les différentes superficies et leurs codes. Les ilots ayant une richesse spécifique supérieure à 25 ont été attribués au code « 3 ». Le code « 2 » et « 1 » ont été attribués respectivement aux ilots dont la richesse spécifique est comprise entre 20 et 25 et inférieur à 20. La fragmentation est codée à travers les images spatiales. Les activités anthropiques ont été codées par une appréciation visuelle dans les placettes. Si les plantes victimes de l'action anthropique occupent moins de ¼ de surface, le 3 est attribué. Le code 2 est attribué si les plantes victimes de l'activité occupent entre ¼ et ½ de l'aire totale. Le code 1 lorsque l'activité occupe plus de la moitié de la surface. Le tableur Excel « relevé x paramètre » a été saisi et son analyse a permis de classer les ilots par état de conservation. Le total maximal des paramètres étant « 27 », la médiane « 13,5 » et le minimum « 9 », les ilots ayant un total en dessous de la médiane sont « dégradés », au-delà de la médiane jusqu'à 21 « moyennement conservés » et au-delà de 24 « Biens conservés ».

Tableau 1. Récapitulatif des superficies et taux des unités d'occupation

Formes d'occupations	Superficie (ha)	Code
Terre forestière	≥10	3
	0,5 – 10	2
	< 0,5	1
Terre cultivée	< 3	3
	3 – 20	2
	>20	1
Installation humaine	<1	3
	1 – 10	2
	>10	1

Signification des codes 3= Bon 2= Moyen 1= Mauvais

3. Résultats

3.1. Typologie des formes d’occupation de terre

La photo-interprétation et la digitalisation ont permis à la réalisation de la carte thématique d’occupation du sol illustré par la figure 3.

La carte des occupations au sol dans le BVK, montre un gradient anthropique négatif orienté du Nord vers le Sud. Le Nord est majoritairement dominé par la terre forestière. La terre forestière diminue graduellement vers le centre et le Sud est pratiquement occupé que par les champs et les installations humaines. L’analyse paysagère de l’occupation sur l’ensemble des îlots forestiers dans le BVK, montre trois formes d’occupation spatiale avec une prédominance des parcelles agricoles et agroforestiers (58,81 %), ensuite les terres forestières (22,95 %) et enfin des installations humaines (18,24 %). Le tableau 2 résume les superficies et les taux occupés par chaque unité.

Tableau 1. Récapitulatif des superficies et taux des unités d’occupation

Classe	Superficies (ha)	Taux (%)
Terre forestière	507,04 ± 0,30	22,95
Terre cultivée	1299,08 ± 0,30	58,81
Installation humaine	402,86 ± 0,30	18,24
Surface totale	2208,97±0,30	100

✓ Terre forestière

La terre forestière est constituée des savanes arborées, arbustives et des fourrés . Elle représente 22,95% de la superficie totale. La couverture forestière est sous une gestion communautaire ou familiale. Il s’agit donc des forêts communautaires. On distingue notamment des forêts claires à *Albizia zygia* et à *Holarrhena floribunda*. Il faut noter aussi que les plantations de *Senna. siamea* et de *Azadirachta indica*, parfois de grandes taille de tecktérais sont également observées. On note aussi la présence de plantations de *Elaeis guineensis* qui a pris un grand essor avec l’installation des usines comme Avé-palm. Les plantations sont aussi pour la plupart sous une gestion communautaire, familiale et parfois privée.

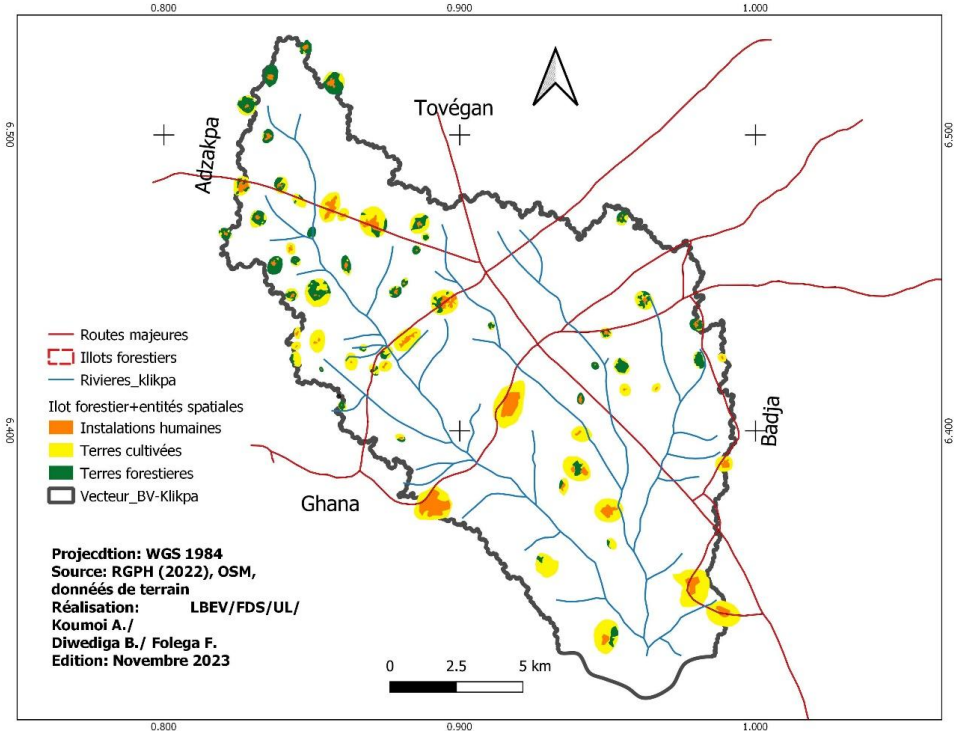


Figure 3. Cartes illustrant les différentes formes majeures d’occupation de terre

Elles sont plus dense et moins diversifiées que les fourrés et les forêts sèches. On y trouve également des parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et à *Vitex doniana*. La présence de certaines jachères en touffe parsemées par *Adansonia digitata* sont aussi à signaler. Parfois l’on observe aussi des agro-forêts de *Mangifera indica* et de *Blighia sapida*, Ann. La strate arbustive est dominée par les espèces spontanées. Les plus représentées sont *Albizia zigia*, *Mallotus oppositifolius*, *Rourea coccinea*, *Annona senegalensis*. La strate herbeuse est dominée par *Chromolaena odorata*, *Momordica charantia*, *Senna hirsuta*, *Senna acuta*, *Acanthospermum ispidum*, *Chassalia kolly*, *Cyperus rotundus*

✓ Terre cultivée

Majoritairement villageoise, l'activité principale de la population est l'agriculture. Celle-ci a pris beaucoup d'ampleur ces dernières années et fait de la terre cultivée la forme la plus dominante avec 58,81% de la superficie totale. Elle est en perpétuelle évolution, car elle augmente d'au moins un hectare par an dans plus de 90% des ilots visités selon la population riveraine. On y trouve aussi *Manihot esculenta* et *Zea mays*. Aussi les jardins de case dominés par des cultures vivrières sont observés. Le tubercule le plus représenté est *Dioscorea sp.* Les autres tubercules sont le taro, la patate douce, la pomme sauvage. La racine dominante est *Manihotesculenta*.

✓ Installations humaines

Les installations humaines sont majoritairement représentées par les habitats, mais aussi par les cimetières, les établissements scolaires, les cases des fermiers, les lieux de cultes et parfois les sites d'animation villageoise. Avec 18,24%, elle représente la forme d'occupation de terre la moins représentée de la zone. Elle est en grande croissance avec l'augmentation sans cesse de la population.

3.2. Caractéristiques structurales des groupements végétaux

L'analyse factorielle par correspondance (AFC) en gradient indirect grâce au logiciel XLSTAT a permis de discriminer quatre (4) groupements végétaux dans le BVK à savoir : groupement 1 : Groupement à *Azadirachta indica* A. Juss et à *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby, groupement 2 : Groupement à *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby et à *Tectona grandis* L.f., groupement 3 : Groupement à *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr et à *Holarrhena floribunda* (G.Don). Durand et Schinz et le groupement 4 : Groupement à *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby et à *Caesalpinia pulcherrima* L.

Les caractéristiques structurales des différents groupements discriminés sont résumées dans le tableau 3. L'analyse de ce tableau montre que le groupement 3 (15,73 m) est celui qui présente la hauteur moyenne la plus élevée. Le diamètre moyen varie également selon les groupements. Le groupement 3 présente également le diamètre moyen le plus élevé (36,24 cm). Il est de 21,28 cm dans le groupement 2 faisant de lui celui qui a un diamètre moyen plus faible. Par contre, la densité est plus élevée dans le groupement 1 (382,5 pieds/ha) et faible au niveau du groupement 2. Le groupement 2 reste toujours celui ayant une surface terrière plus faible (13,88m²/ha). La surface terrière la plus élevée est observée dans le groupement 3. Mis à part le groupement 1 (56,80 %), le taux de régénération est près qu'à 65 % dans les autres.

Tableau 3. Récapitulatif des caractéristiques structurales des différents groupements

Groupes	D (tiges/ha)	Dm (Cm)	HL (m)	G (m ² /ha)	Reg (%)
Groupe 1 :	382,5±0,32	25,29±0,22	13,29 ± 0,11	23,05±0,054	31,90±22
Groupe 2 :	278,57±45	21,28±0,32	11,34± 0,12	13,88±0,054	46,38±51
Groupe 3 :	312,73±32	36,24±0,24	15,73± 0,4	70,50±0,054	45,43±42
Groupe : 4	301,25±16	25,62±0,2	12,32± 0,13	24,83±0,054	45,33±23

D : Densité (tiges/ha), HL : Hauteur moyenne de Lorey, Surface terrière (m²/ha), Reg : Taux de régénération

3.3. Structure verticale

La distribution par classe de hauteur des individus suivant les groupes discriminés présente une allure en cloche symétrique (Figure 4). Elle donne par ajustement de Weibull, un « c » supérieur à 3,6. Cela s'explique par une prédominance des individus de grandes hauteurs. La classe de hauteur la plus représentée dans les groupes 2 et 4 est [10-12[mètre (m). Elle est comprise entre 12 m et 14 m dans le groupe 1. Dans le groupe 3 l'allure symétrique traduit une évolution normale, un groupement non perturbé. Toutes les strates y sont représentées. La classe de hauteur la plus représentée est celle de [14-16[m. La faible représentativité des classes de très faibles et grandes hauteurs pourrait s'expliquer par une sélection de la coupe des arbres, une menace générale.

3.4. Structure horizontale

La distribution des individus par classe de diamètre donne une allure en « L » dans les groupements 2 et 4 (Figure 5). Dans ces groupements, les arbres de gros diamètres sont quasiment absents. Les individus les plus fréquents ont un diamètre compris entre 10 m et 20 m. Le « c » par ajustement de Weibull est compris entre 1 et 3,6 témoignant la présence des individus de diamètres moyens. Les groupements 1 et 3 présentent une allure en cloche tendue vers la droite. Le « c » par ajustement de Weibull est inférieur à 1. Cela est due à une grande présence des individus jeunes. Dans tous les groupements, les individus de grands diamètres sont très rares. Cependant, les individus de diamètre supérieur à 100 cm sont observés dans le groupe 3 témoignant le caractère forestier de la zone.

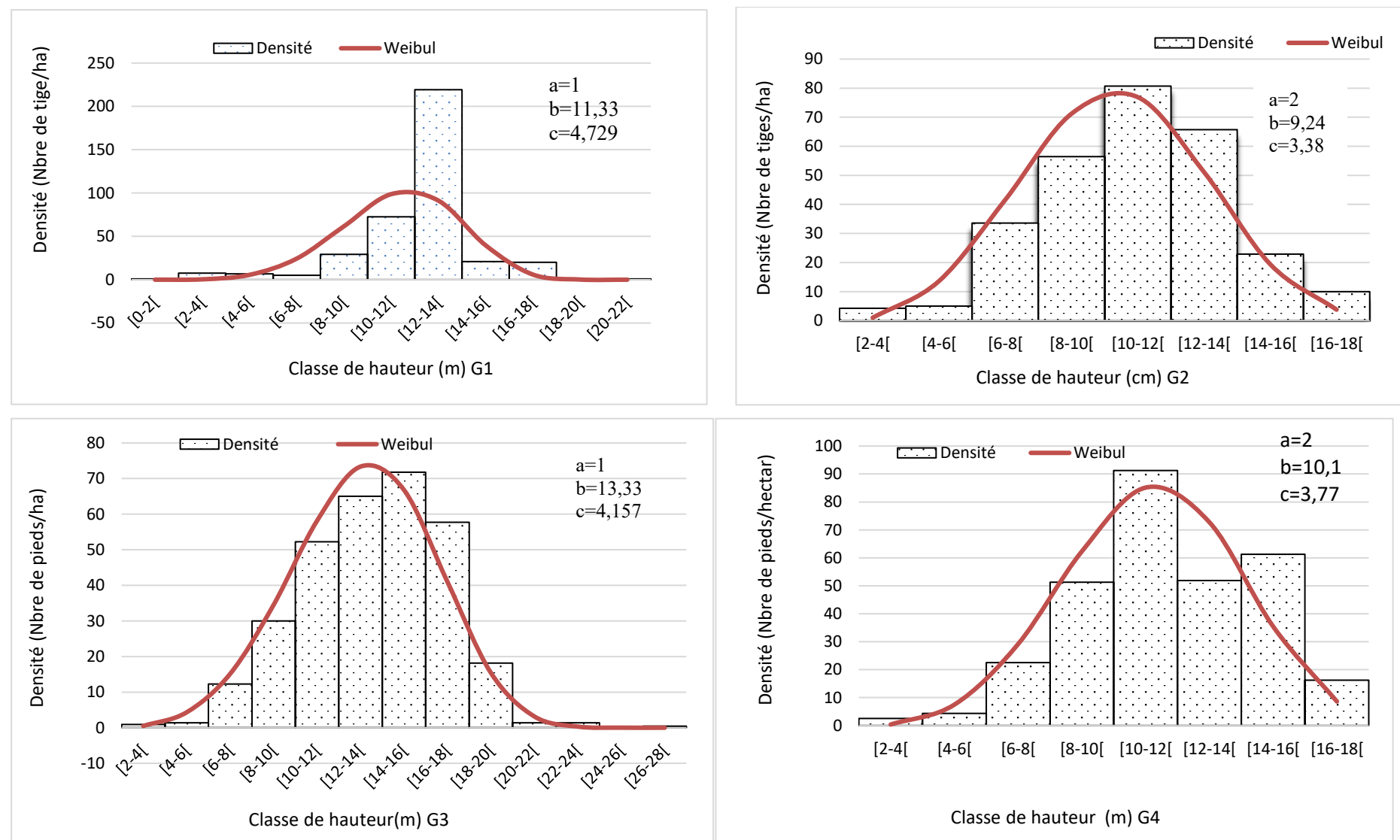


Figure 4. Structure des différents groupements en fonction des hauteurs

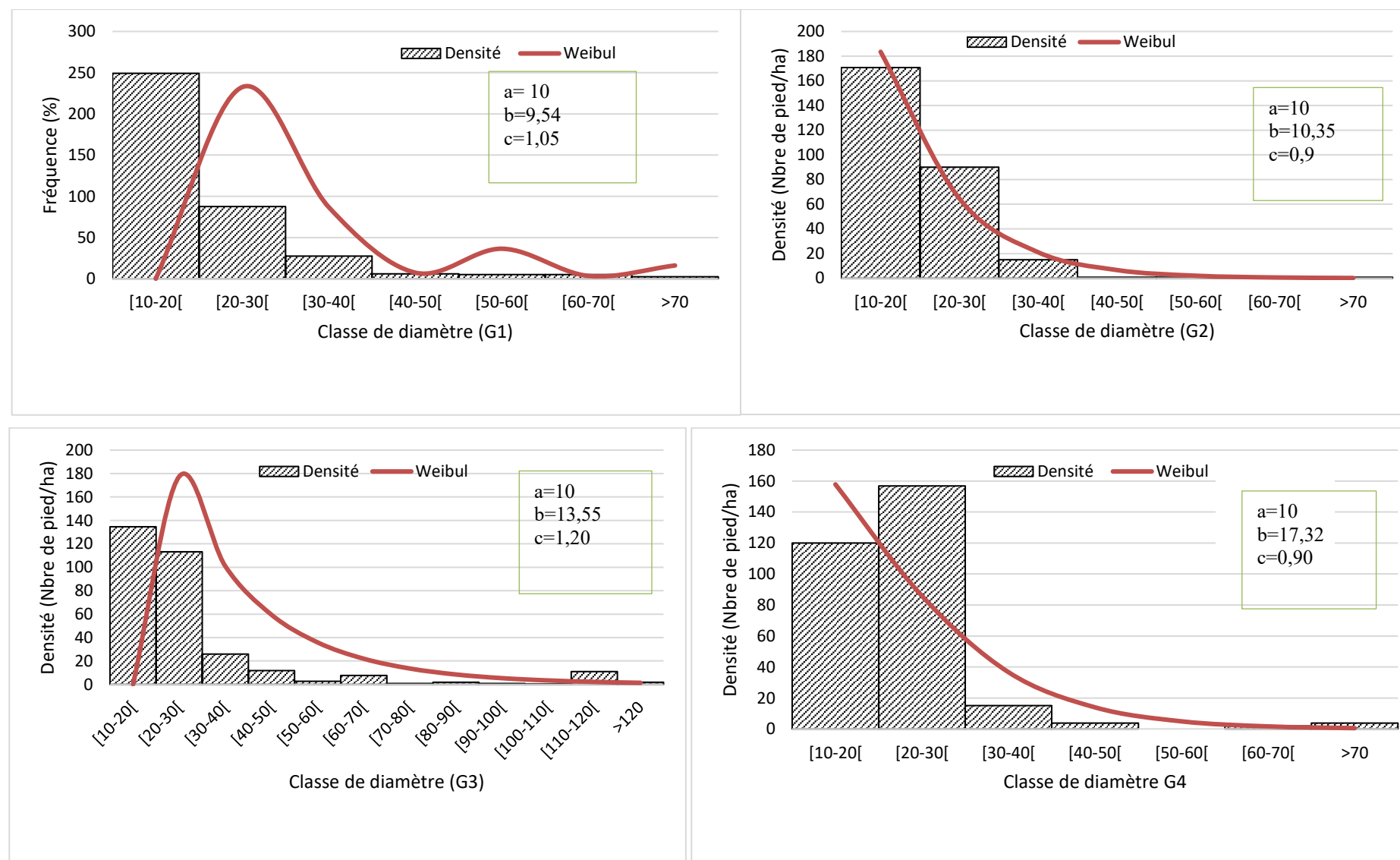


Figure 5. Structure des groupements en fonction des diamètres

3.6. Etat de conservation

L'analyse des différentes variables spatiales (Superficie des installations humaines, les terres forestières et cultivées et la fragmentation) montre que : la dégradation des domaines forestiers naturels est fondamentalement liée à l'expansion des domaines agricoles (31,25%) et aux installations humaines (18,75%). Cela conduit systématiquement à la fragmentation de la terre forestière (28,12%) (Figure 9). La transposition des quatre principaux paramètres influenceurs, en termes de niveau écologique de conservation des habitats montre par ordre de grandeurs la prédominance des îlots moyennement conservés (47,61 %) en suite les îlots les mieux conservés (28,57%) et enfin les îlots dégradés (23,80%) (Figure 6).

L'analyse des paramètres écologiques montre que les îlots sont plus victimes du passage de feu (51,56%) et du prélèvement du bois-énergie (45,31%). Le pâturage (32,81%) et le prélèvement des PFNL (32,81%) sont les secondes menaces dont sont victimes les îlots (Figure 7). Cela provoque la réduction de la diversité biologique. Le croisement de ces paramètres écologiques montre que les îlots dégradés (39,68%) sont plus représentés suivis des îlots moyennement conservés (34,92%). Les îlots les mieux conservés sont très peu (25, 40%) (Figure 8).

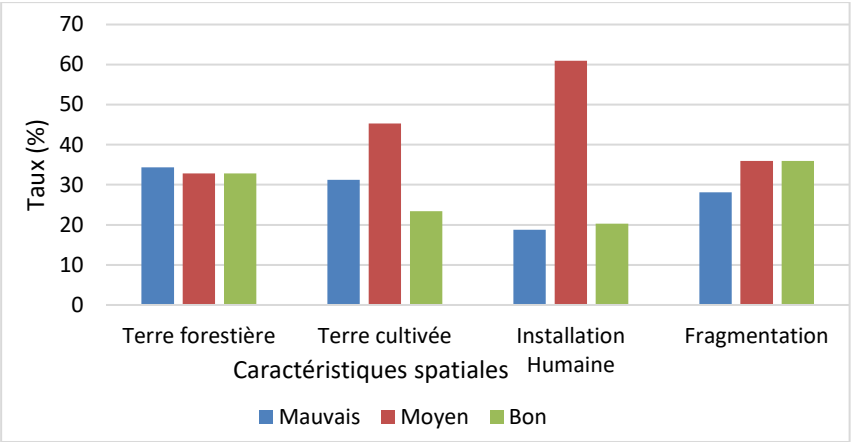


Figure 6. Spectre des caractéristiques spatiales

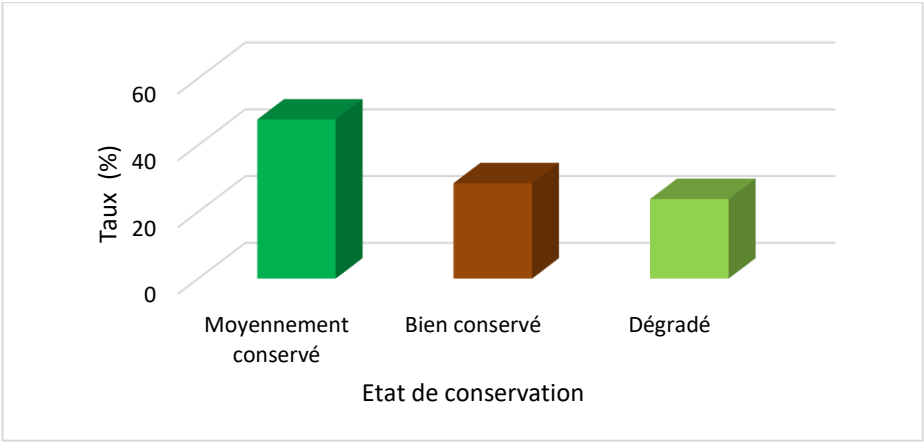


Figure 7. Spectre de l'état de conservation en considérant que les caractéristiques spatiales

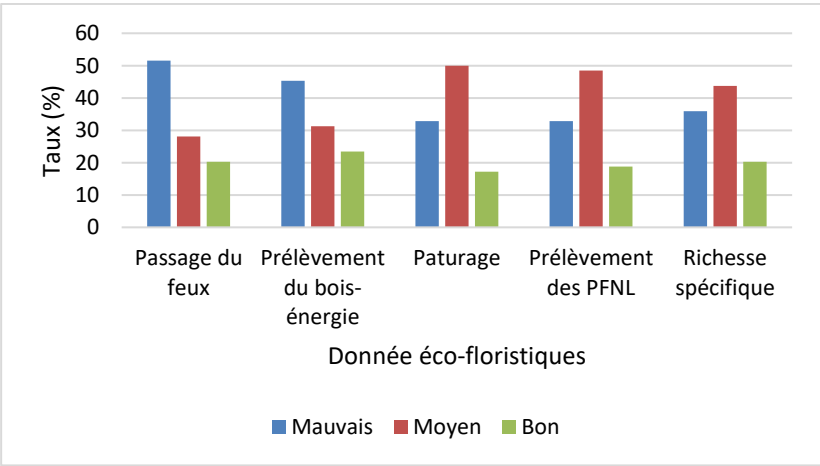


Figure 8. Spectre des caractéristiques écologiques

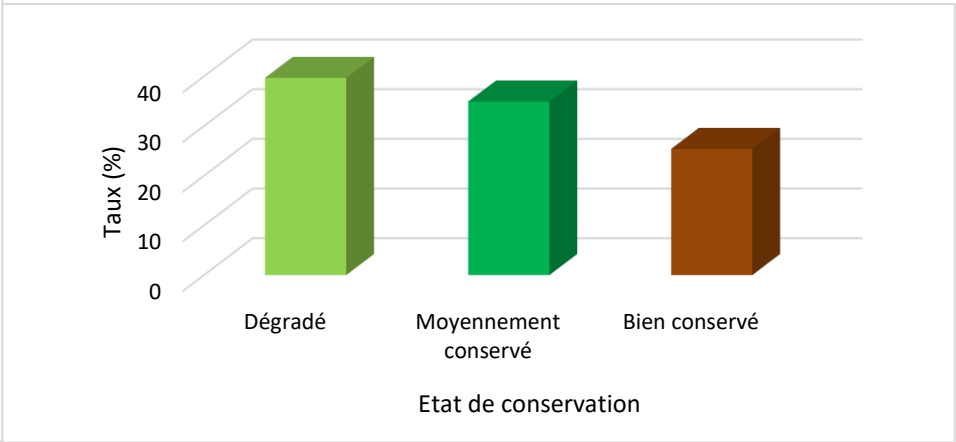


Figure 9. Spectre de l'état de conservation en considérant que les caractéristiques écologiques

Le croisement des paramètres spatiaux et écologiques montre que 28,57% des ilots sont dégradés et 58,73% sont moyennement conservés. Cependant, seuls les 12,70% des ilots étudiés sont bien conservés. La figure 10 présente les différents ilots et leur état de conservation. Ceci est le résultat des analyses à partir du tableur Excel et des observations de terrain. L'hypothèse assignée est que tout ilot en dessous de la moyenne est dégradé, ceux compris entre 14 et 21 sont moyennement dégradés et ceux au-dessus de 21 sont bien conservés.

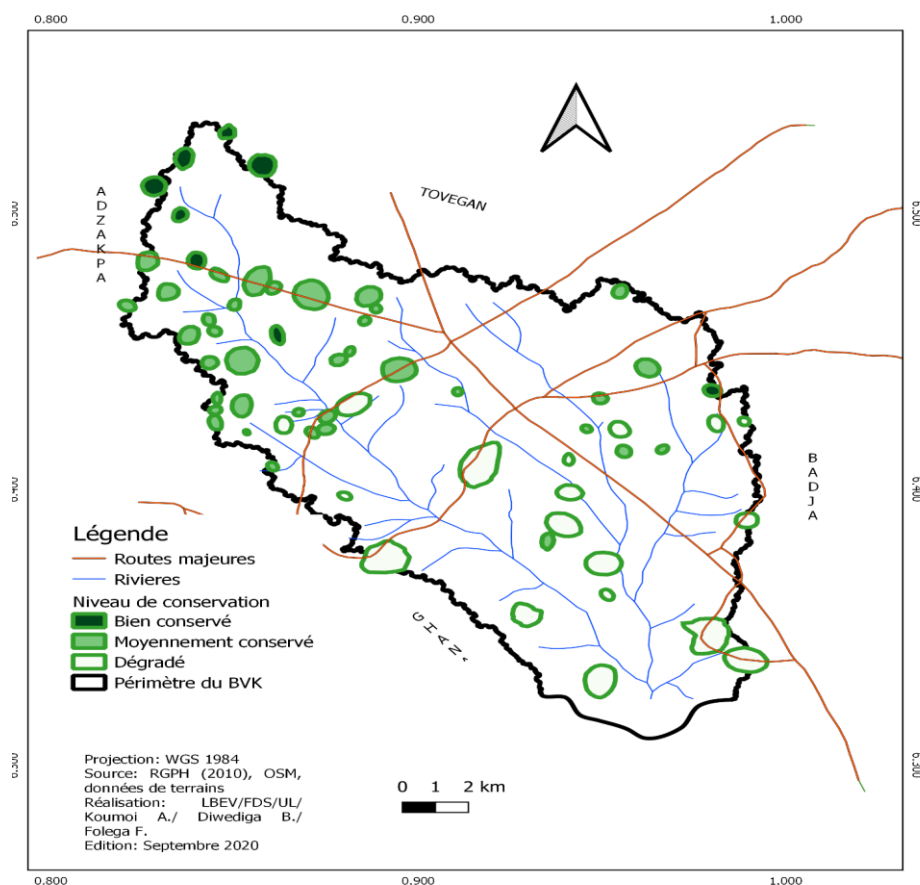


Figure 10. Carte montrant les différents ilots avec leur niveau de conservation

4. Discussion

En analysant l'ensemble des ilots, les terres cultivées (58,81 %) représentent la forme d'utilisation prédominante, suivies des terres forestières (22,95 %) et des établissements humains (18,24 %). La prédominance des terres cultivées s'explique par le fait que la population de cette région est rurale. En fait, l'agriculture reste la principale activité de la région. La demande croissante de nourriture en particulier par les populations urbaines et le désir d'autosuffisance alimentaire, motivent les populations locales à s'engager dans l'agriculture. Cette activité constitue la principale source de revenus de ces personnes. De plus, les bassins versants fournissent des terres propices à la culture vivrière (Bawa et al., 2022). Cette forte proportion de terres cultivées est similaire aux résultats de Bawa et al. en 2022 qui l'estimaient à 48 % dans la région centrale du Togo (Bawa et al., 2022). Ces résultats concordent avec ceux de Bigma et al dans la même préfecture. Selon eux, les activités anthropiques transforment progressivement la terre forestière en des champs ces dernières années dans la préfecture de l'Avé. Les forêts représentent également près de la moitié des terres cultivées. La principale cause est la déforestation afin d'installer des champs et des maisons. La superficie forestière diminue progressivement vers le centre et la partie sud n'est pratiquement occupée que par des champs et des établissements. Cela a pour cause principale la déforestation afin d'installer les champs ou les habitations. La terre forestière diminue graduellement vers le centre et le Sud est pratiquement occupé par les champs et les installations humaines. Cela pourrait s'expliquer par la proximité des ilots du Sud à la route facilitant le transport des bois et d'autres produits dérivés de la forêt.

L'urbanisation importante du Sud du bassin pourrait aussi en être la cause. Ce constat concorde avec les résultats de Mensah et al dans la forêt communautaire d'Edouwossi-copé (Mensah et al., 2022) En somme cette dégradation forestière est due aux activités anthropiques comme l'agriculture, la chasse, la pêche, l'urbanisation (Mabafei et al., 2021). Tous les îlots du Nord sont situés pratiquement dans le canton d'Ando qui bénéficie plus des campagnes de reboisements. Il faut ajouter que les villages de ce canton sont en concurrence entre eux en foresterie communautaire ces dernières années. Enfin l'existence de quelques pratiques ancestrales de conservation (pare-feu ; interdiction des prélèvements des produits forestiers non ligneux et la coupe du bois) demeurant toujours dans le Nord du bassin explique la présence des plusieurs îlots forestiers dans cette zone.

Plusieurs études ont utilisé les activités anthropiques pour caractériser et évaluer l'état de conservation (Adjonou et al., 2010; Adjossou, 2009; Koumantiga et al., 2018; Thiombiano et al., 2016). La présente étude, a utilisée simultanément des caractéristiques spatiales et des inventaires écologiques pour évaluer l'état de conservation des forêts. La préfecture de l'Avé a toujours été une zone forestière à forte végétation, d'où le nom « Avé », qui signifie « forêt » en langue Ewe. Malheureusement, en raison de la croissance démographique, cette proportion diminue au profit des champs et des habitats. Cela confirme le rapport 2020 de la FAO et du PNUE selon lequel la croissance démographique au cours des dernières décennies a conduit à la conversion des forêts en terres agricoles (Folega et al., 2017b; Zaouaq, 2020). Les évaluations de l'état de conservation confirment que le BVK est effectivement sous l'influence humaine, ce qui entraîne une perte progressive de la biodiversité. Cette perte de la biodiversité entraîne une raréfaction des ressources biologiques et des changements physiologiques dans la formation naturelle des plantes (Inoussa et al., 2011). Cette dernière est provoquée par l'artificialité de l'environnement pour conquérir de nouveaux espaces pour le développement de l'urbanisation (Zaouaq, 2020). Cela peut s'expliquer par le fait que ces îlots sont des forêts communautaires situées à proximité immédiate des habitats, et par l'absence de véritables plans de gestion pour la protection de ces îles par les municipalités et les autorités de gestion (Pereki, et al., 2017b). Le manque de législation, le non-respect pour celles qui existent, l'insuffisance implication des jeunes dans les affaires des forêts ainsi que le manque des mesures d'accompagnement à la population en sont les causes selon les populations riveraines. La forte pression démographique occasionne l'augmentation des surfaces cultivées ainsi que les habitats au profit de la couverture forestière. Cela constitue ainsi une grande menace pour la diversité biologique (Bondé et al., 2013). Majoritairement agriculteurs, les populations du BVK par des méthodes d'agriculture sur brulis envahissent les forêts et savanes. Cela provoque la modification du cortège floristique et la réduction de la densité du couvert des ligneux (Grondeau et al., 1992; Nantel & Quatrano, 1996). Les activités secondaires de la population comme la chasse, l'élevage et la pêche contribuent aussi significativement à la perte de la biodiversité. La coupe de bois et le passage de feux sont les extrêmes menaces du couvert forestier du BVK. Cela s'explique par le fait que le bois est la première source d'énergie familiale et contribue massivement dans la construction ainsi qu'à la carbonisation selon les enquêtes. Le passage de feux dans les îlots est dû au manque de pare-feu, mais surtout à l'agriculture itinérante sur brulis et à la chasse (Adjonou et al., 2010). Le pâturage reste un grand fléau de la zone depuis l'installation des Peulhs nomades dans les grandes villes comme Assahoun et leurs agglomérations selon la population. Le prélèvement des PFNL n'est pas de moindre et contribue beaucoup à la dégradation des îlots forestiers. Tous ces paramètres font que les îlots du BVK sont majoritairement dégradés. Cependant 28,12 % des îlots sont mieux conservés. Ces îlots sont ceux ayant bénéficié plus des campagnes de restauration par les ONG comme ATPH, CREDI. Particulièrement les îlots qui correspondent aux villages de Hétovi et de Ando Kpomé bénéficient de l'appui de la banque mondiale (Hétovi) et de ATPH (Ando kpomé) et dispose un plan simple de gestion avec des comités de gestion et de suivi réduisant ainsi l'emprise humaine. Faisant objet des reboisements périodique, ces îlots sont aussi entretenus par des « pare-feu ». Il faut signaler que la préfecture de l'Avé est une des préfectures ne disposant aucune aire protégée, mais bénéficiant des campagnes de restauration.

5. Conclusion

La présente étude a permis l'identification de quatre groupements. La répartition des tiges par classe de hauteur donne une structure en « cloche ». Par classe de diamètre, la structure démographique des tiges donne une allure en « L » dans les groupements 2 et 4 alors que les groupements 1 et 3 présentent une allure en cloche tendue vers la droite. La structure montre que la zone est dominée par les arbres de diamètres moyens. Cependant, quelques pieds dont les diamètres sont légèrement supérieurs à 100 cm ont été observés dans le groupe 3. La forme d'occupation majeure du sol est la terre cultivée. Les îlots les mieux conservés sont en proportion très faibles par rapport aux îlots dégradés.

Avec sa richesse spécifique, le bassin versant de Klikpa reste toujours une zone à fort potentiel de biodiversité. Le rythme accéléré de la croissance démographique ces dernières années provoque une grande pression sur les écosystèmes. Or ces formations forestières sont censées contribuer efficacement à l'atténuation des effets des changements climatiques. Une prise de responsabilité dans la conservation de ces îlots éparpillés est indispensable pour mieux préserver ces écosystèmes

Remerciement :

Les auteurs de ce travail remercient vivement le Laboratoire de Botanique et Ecologie végétale de l'université de Lomé ainsi que tous les évaluateurs anonymes.

Références

- Adjonou, K., Djiwa, O., Kombate, Y., Kokutse, A. D., & Kokou, K. (2010). Etude de la dynamique spatiale et structure des forêts denses sèches reliques du Togo : Implications pour une gestion durable des aires protégées. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(1). DOI: [10.4314/ijbcs.v4i1.54242](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i1.54242)
- Adjossou, K. (2009). Diversité, structure et dynamique de la végétation dans les fragments de forêts humides du Togo : Les enjeux pour la conservation de la biodiversité. *Th. Doct., Université de Lomé, Togo*.
- Ago, E. E., Petit, F., & Ozer, P. (2005). Analyse des inondations en aval du barrage de Nangbeto sur le fleuve Mono (Togo et au Bénin). *Geo-Eco-Trop: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales*, 29. <https://hdl.handle.net/2268/17768>
- Atakpama, W., Amegnaglo, K. B., Afelu, B., Folega, F., Batawila, K., & Akpagana, K. (2019). Biodiversité et biomasse pyrophyte au Togo. *VertigO*, 19(3). <https://id.erudit.org/iderudit/1071360ar>
- Atakpama, w., Badjare, b., Aladji, e. y. k., Batawila, k., & Akpagana, k. (2023). Dégradation alarmante des ressources forestières de la forêt classée de la fosse de doungh au togo. *African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences*, 6(3), 485-503. <https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/ajlp-gs.v6i3.39046>
- Atakpama, W., Egbelou, H., Folega, F., Chakourou, A. F. O., Batawila, K., & Akpagana, K. (2022a). Diversité floristique des forêts communautaires de la préfecture de Dankpen au Togo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 10(4).
- Atsri, H. K., Abotsi, K. E., & Kokou, K. (2018). Enjeux écologiques de la conservation des mosaïques forêt-savane semi-montagnardes au centre du Togo (Afrique de l'Ouest). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 38(1), 6112-6128. <http://www.m.elewa.org/JAPS>
- Bawa, D. M., Folega, F., Atato, A., Diwediga, B., Wala, K., & Akpagana, K. (2022). Écologie et anthropisation des habitats naturels de trois micros bassins versants adjacents du centre du Togo. *Recherche Agronomique*, 20(1), 16-41.
- Biaou, S., Houeto, F., Gouwakinnou, G., Biaou, S. S. H., Awessou, B., Tovihessi, S., & Tete, R. (2019). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin. *Conférence OSFACO: Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique*. Mar 2019, Cotonou, Bénin. hal-02189367
- Bigma B., Woegan Y.A., Koumantiga D., Pereki H., Dourma M., Wala K. et Akpagana K. (2021). « Cartographies et analyses diachronique des ceintures vertes villageoises de la préfecture de l'Avé au Togo (Afrique de l'ouest) », *Dynamiques environnementales*, 48, 1-22 <http://journals.openedition.org/dynenviron/5537>
- Bondé, L., Ouédraogo, O., Kagembèga, F., & Boussim, J. I. (2013). Impact des gradients topographique et anthropique sur la diversité des formations ligneuses soudanaises. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 318, 15-25. <https://doi.org/10.19182/bft2013.318.a20514>
- Braun-Blanquet, J. (1932). Plant sociology. The study of plant communities. *Plant sociology. The study of plant communities. First ed.*
- Burley, N. T., & Johnson, K. (2002). The evolution of avian parental care. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 357(1419), 241-250. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0923>
- Descoings, B. (1970). Les flores régionales méthodologie de l'inventaire floristique. *Nat. monsp*, 21, 51-73.
- Dimobe, K., Ouédraogo, K., Annighöfer, P., Kollmann, J., Bayala, J., Hof, C., Schmidt, M., Goetze, D., Porembski, S., & Thiombiano, A. (2022). Climate change aggravates anthropogenic threats of the endangered savanna tree *Pterocarpus erinaceus* (Fabaceae) in Burkina Faso. *Journal for Nature Conservation*, 70, 126299. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126299>
- Dimobe, K., Wala, K., Batawila, K., Dourma, M., Woegan, Y. A., & Akpagana, K. (2012a). 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, Hors-série 14*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.12423>
- Dimobe, K., Wala, K., Dourma, M., Kiki, M., Woegan, Y., Folega, F., Batawila, K., & Akpagana, K. (2014). Disturbance and population structure of plant communities in the wildlife reserve of Oti-Mandouri in Togo (West Africa). *Annu. Res. Rev. Biol*, 4, 2501-2516. <http://public.paper4promo.com/1009/1/25401-Article%20Text-47637-1-10-20190103.pdf>

- Diwediga, B., Wala, K., Folega, F., Dourma, M., Woegan, Y. A., Akpagana, K., & Le, Q. B. (2015). Biophysical and anthropogenous determinants of landscape patterns and degradation of plant communities in Mo hilly basin (Togo). *Ecological Engineering*, 85, 132-143. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857415301981>. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.059>
- Folega, A. A., Folega, F., Woegan, Y. A., Wala, K., & Akpagana, K. (2021). Dynamique des émissions de gaz à effet de serre liées au secteur foresterie et autres affectations des terres (FAT) dans le paysage du socle Eburnéen au Togo. *Rev Écosystèmes et Paysages*, 1, 58-72pp. e-ISSN (Online): 2790-3230
- Folega, F., Atakpama, W., Pereki, H., Djiwa, O., Dourma, M., Kombate, B., Abreni, K., Wala, K., & Akpagana, K. (2017). Potentialités écologiques et socio-economiques de la forêt communautaire d'agbedougbe (region des Plateaux-Togo). *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 19(2), 31-50.
- Folega, f., Badjare, b., Tokpo, k. g., Kpérkouma, w., Batawila, k., & Akpagana, k. (2023b). Ecologie numérique par des mesures géo spatiales et forestières du système national des aires protégées du Togo. *Revue d'Innovation et Dynamiques Territoriales*, 3. <https://revues.imist.ma/index.php/ReIDT/article/view/37723>
- Folega, F., Haliba, M., Folega, A. A., Ekougoulou, R., Wala, K., & Akpagana, K. (2022). Diversité structurale des ligneux en lien avec l'utilisation des terres du socle éburnéen au Togo. *Annales de la Recherche Forestière en Algérie*, 12(1), 7-25. <https://www.asjp.cerist.dz/index.php/en/article/182826>
- Folega, F., Pereki, H., Woegan, A., Dourma, M., Atakpama, W., Maza, M., & Akpagana, K. (2017a). Caractérisation écologique de la forêt communautaire d'Édouwossi-Copé (Région des Plateaux-Togo). *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 19(3), 47-61.
- Folega, F., Wala, K., Woegan, A. Y., Kanda, M., Dourma, M., Batawila, K., & Akpagana, K. (2018a). Flore et communautés végétales des inselbergs du Sud-Est du Togo. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement, Volume 12*, 1-21. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.5672>
- Grondeau, C., Saunier, M., Poutier, F., & Samson, R. (1992). Evaluation of physiological and serological profiles of *Pseudo monas syringae* pv. Pisi for pea blight identification. *Plant Pathology*, 41(4), 495-505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1992.tb02445.x>
- Hetcheli, F. (2013). Pénurie de main-d'oeuvre agricole et stratégies d'adaptation des paysans dans la préfecture de l'Avé (sud-ouest du Togo). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 15(1), 31-46. eISSN: 2413-354X print ISSN: 1727-8651
- Inoussa, M. M., Mahamane, A., Mbow, C., Saadou, M., & Yvonne, B. (2011). Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 22(2), 108-116. • DOI : [10.1684/sec.2011.0305](https://doi.org/10.1684/sec.2011.0305)
- Kokou, K., & Sokpon, N. (2006). Les forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois & forêts des tropiques*, 288, 15-23. <https://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/20312>. DOI : <https://doi.org/10.19182/bft2006.288.a20312>
- Kombate, B., Dourma, M., Folega, F., Woegan, A. Y., Wala, K., & Akpagana, K. (2020). Diversité floristique et caractérisation structurale des formations boisées du domaine Soudano-Guinéen au Centre du Togo. *Afrique Science*, 17(6), 29-43. <http://afriquescience.net/PDF/17/6/3.pdf>. ISSN 1813-548X
- Koumantiga, D., Wala, K., Kanda, M., Dourma, M., & Akpagana, K. (2018). Aires protégées et écotourisme de vision de la grande faune : Développement d'une approche méthodologique pour évaluer les circuits et application au complexe Oti-Kéran-Mandouri au Togo (Afrique de l'Ouest). *Études caribéennes*, 41. <https://journals.openedition.org/etudescaribeennes/13801>. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.13801>
- Livermore, D. M., Discovery, B. S., Blaser, M., Carrs, O., Cassell, G., Fishman, N., Guidos, R., Levy, S., Powers, J., & Norrby, R. (2011). Discovery research : The scientific challenge of finding new antibiotics. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 66(9), 1941-1944. <https://academic.oup.com/jac/article-abstract/66/9/1941/769674>
- Mabafei, A., Diwediga, B., Fousseni, F., Wala, K., & Koffi, P. R. (2021). Caractérisation phyto-sociologique des zones humides de la plaine de l'Ogou. *Rev. Écosystèmes et Paysages (Togo)*, 1, 43-57. e-ISSN (Online): 2790-3230
- Mengue-Medou, C. (2002). Les aires protégées en Afrique : Perspectives pour leur conservation. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 3(1). <https://journals.openedition.org/vertigo/4126> <https://doi.org/10.4000/vertigo.4126>
- Mensah, K., Folega, F., Woegan, Y. A., Atakpama, W., Pereki, H., Wala, K., & Akpagana, K. (2022). État et dynamique spatio-temporelle de la forêt communautaire d'Édouwossi-Copé, Région des Plateaux-Togo. *Revue Écosystèmes et Paysages (Togo)*, 1, 12-26. e-ISSN (Online):2790-3230

- Nantel, A., & Quatrano, R. S. (1996). Characterization of three rice basic/leucine zipper factors, including two inhibitors of EmBP-1 DNA binding activity. *Journal of Biological Chemistry*, 271(49), 31296-31305. [https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(19\)78988-1/abstract](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(19)78988-1/abstract) DOI:<https://doi.org/10.1074/jbc.271.49.31296>
- Polo-Akpisso, A., Wala, K., Ouattara, S., Foléga, F., & Tano, Y. (2016). Changes in Land Cover Categories within Oti-Kéran-Mandouri (OKM) Complex in Togo (West Africa) between 1987 and 2013. In W. Leal Filho, K. Adamson, R. M. Dunk, U. M. Azeiteiro, S. Illingworth, & F. Alves (Éds.), *Implementing Climate Change Adaptation in Cities and Communities* (p. 3-21). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28591-7_1
- Rondeux, J. (2021). *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Presses agronomiques de Gembloux.
- Rondeux, J., & Sanchez, C. (2010). Review of indicators and field methods for monitoring biodiversity within national forest inventories. Core variable: Deadwood. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4), 617-630. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0917-6>
- Thiombiano, A., Glele Kakaï, R., Bayen, P., Boussim, J. I., & Mahamane, A. (2016). Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'Ouest : État des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques*, 20, 15-31.
- Tobith, C., & Cuny, P. (2006). Genre et foresterie communautaire au Cameroun. Quelles perspectives pour les femmes? *Bois & forêts des tropiques*, 289, 17-26. <https://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/20304> <https://doi.org/10.19182/bft2006.289.a20304>
- Woege, Y. A. (2011a). Diversité des formations végétales ligneuses du Parc national de Fazao- Malfakassa et de la réserve d'Aledjo (Togo). *Acta Botanica Gallica*, 158(3), 445-449. <https://doi.org/10.1080/12538078.2011.10516286>
- Wouyo, A., Wilfried, A. K. M., Léwa, A. L., Séverin, B., Komlan, B., & Koffi, A. (2021). Biodiversité et gestion des feux de végétation dans la réserve de faune d'Abdoulaye au Togo. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 27(2), 51-64. <https://www.ajol.info/index.php/srst/article/view/220715> eISSN: 2352-9717
print ISSN: 1111-4924
- Zaouaq, K. (2020). L'adaptation aux changements climatiques et la lutte contre l'insécurité alimentaire en Afrique de l'ouest. *Afrique durable 2030*, 7, pp-68. <https://hal.science/hal-02453545/document>