

Écologie et anthropisation des habitats naturels de trois micros bassins versants adjacents du centre du Togo

D.M. Bawa^(1,3), F. Folega^{*(1)}, A. Atato⁽²⁾, B. Diwediga⁽¹⁾, K. Wala⁽¹⁾, K. Akpagana⁽¹⁾

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

³ Faculté de Biologie, Université de Belgrade, BP 11000, Belgrade-Serbie

*Auteur de correspondance : ffolegamez@live.fr

Reçu : 16 août 2021

Révisé : 1 décembre 2021

Accepté : 2 décembre 2021

Résumé : L'évaluation menée dans le paysage du point de partage des eaux de trois bassins versants du Mono au centre du Togo est une contribution à la gestion durable des habitats. 122 points d'échantillonnages constitués de parcelles de 5 ha suivant une maille de 1000 m ont été générés de façon régulière puis superposée au vecteur de la zone d'étude grâce au logiciel QGIS. La grille ainsi obtenue a été importée dans le complexe CollectEarth et la constellation de plateformes spatiales (Google Earth, Bing Map, et Yahoo Map) disposant d'images de hautes résolutions (Spot, IKONOS, Digital Globe...) pour évaluer les caractéristiques des formes d'utilisations des terres. Ensuite, un inventaire floristique a été réalisé à partir de 30 placettes de 900 m² suivant une maille régulière de 100 m dans la forêt communautaire d'Agbandi (FCA). Suivant le système de classification des terres du GIEC (2006), 47,54% ; 22,95% et 8,19% représentent respectivement les taux d'occupation des terres cultivées, des zones humides/prairies et des terres forestières pour un taux de précision de 98,36%. L'exploration spatiale révèle également que 55,73% des parcelles d'échantillonnages ne sont pas accessibles ; cependant 15,57 % et 13,93% des parcelles sont situées respectivement entre 2-3 km et 3-5 km des pistes. La florule de la FCA est composée de 131 espèces réparties en 117 genres et 43 familles. Les Fabaceae et les Rubiaceae sont les familles les plus importantes. Les espèces soudano-zambéziens et soudano-guinéenne dominent cette flore. Quatre groupements végétaux composés des savanes arborées à *Vitellaria paradoxa* ; les forêts claires à *Tectona grandis* ; à *Isobertinia doka* et à *Pterocarpus erinaceus* ont été identifiés. Cette étude qui se veut une première du genre ouvre des perspectives à la modélisation de la production et productivité forestière de ces écosystèmes protégées par les valeurs endogènes.

Mots clés : Gestion durable, Collect Earth, Bassin versant, Forêts, Togo.

Summary : The assessment carried out in the watershed landscape of three watersheds in central Togo is a contribution to the sustainable management of habitats. 122 sampling points made up of 5 ha plots following a 1000 m grid was regularly generated and then superimposed on the vector of the study area thanks to the QGIS software. The resulting grid was imported into the Collect Earth complex and constellation of spatial platforms (Google Earth, Bing Map, and Yahoo Map) with high-resolution images (Spot, IKONOS, Digital Globe ...). Then a floristic inventory was carried out from 30 plots of 900 m² following a regular 100 m grid in Agbandi community forest (ACF). According to the IPCC land classification system, 47,54%; 22,95% and 8,19% represent respectively the occupancy rates of cultivated land, wetlands/prairies and forest land for an accuracy rate of 98,36%. Spatial exploration also reveals that 55,73% of the sample plots are not accessible; however 15,57% and 13,93% of the plots are located respectively between 2-3 km and 3-5 km from the tracks. ACF florula is composed of 131 species divided into 117 genera and 43 families. Fabaceae and Rubiaceae are the most important families. Sudano Zambézian and Sudano Guinean species dominate this flora. Four plant groups composed of *Vitellaria paradoxa* savannahs; *Tectona grandis* open forests; *Isobertinia doka* and *Pterocarpus erinaceus* have been identified. This study, which is the first of its kind, opens perspectives for modeling forest production and productivity of these ecosystems protected by endogenous values.

Key words : sustainable management, Collect Earth, watershed, forest, Togo.

INTRODUCTION

La biodiversité, en particulier la diversité végétale fournit des ressources et des services à l'homme. Elle assure les besoins dans les domaines : industriels, domestiques, médicaux et culturels. Elle permet également la protection et le maintien de la qualité du cadre de vie (Reid *et al.*, 2005). Les bassins versants sont sources de nombreux biens et services aux sociétés humaines, comme l'eau potable, la réduction de l'érosion, la séquestration du carbone et la conservation de la biodiversité (Blanchard, 2016). L'alimentation de la planète en eau

douce à des fins ménagères, agricoles et industrielles dépend beaucoup des flux qui sont créés et régulés par les bassins versants. L'agriculture et la sécurité alimentaire sont largement tributaires de l'eau de surface et des sédiments, recueillis et transportés par les pentes des bassins versants (Badabaté *et al.*, 2012). On attribue souvent une valeur symbolique ou récréative aux sites naturels et culturels des bassins versants (Koumantiga *et al.*, 2018). Aussi, de nombreuses communautés rurales dépendent directement des ressources naturelles des bassins versants pour vivre.

Les forêts des bassins versants sont une source importante du bois d'œuvre et du bois de feu. Les forêts sont essentielles à la survie et au bien-être de l'humanité. Elles hébergent les deux tiers des espèces animales et des plantes. Elles nous fournissent nourriture, oxygène, abris, loisirs et nourriture spirituelle, et elles sont sources de plus de 5.000 produits d'échanges commerciaux qui vont des produits pharmaceutiques au bois d'œuvre et aux vêtements (Bielsa *et al.*, 2009). La diversité biologique des forêts, la variété de gènes, d'espèces et d'écosystèmes forestiers est à la base de ces biens et services, et constitue le fondement de la bonne santé et de la stabilité des forêts à long terme. Les services éco systémiques et autres biens non marchands sont des moyens de subsistance pour les ménages vivant en zones rurales. En dépit de ces services, il a été constaté que la biodiversité végétale est surexploitée et que les espèces disparaissent à un rythme alarmant (Naeem *et al.*, 1995). Cette situation est confirmée par les rapports de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature), de la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species), ainsi que l'OIBT (Organisation internationale des bois tropicaux). La coupe anarchique et frauduleuse du bois d'œuvre et du bois de chauffe, la pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis et les feux de

végétations sauvages et tardifs sont les principales causes de la dégradation des forêts (Dourma *et al.*, 2009). Le taux de déforestation annuel dans le monde est estimé à plus de 13 millions d'hectares entre 1980 et 1995 (N'da *et al.*, 2008).

En Afrique de l'Ouest, ce taux de déforestation est estimé à 5,7 % au Togo; à 4 % au Nigeria; à 2,19 % au Ghana; et à 0,55 % au Liberia entre la période de 2000 à 2010 (Folega *et al.*, 2014b ; Byron & Sayer, 2020). Aujourd'hui, la conservation de l'habitat constitue l'un des cibles majeures de la conservation de la biodiversité (CBD 2002) à travers la stratégie globale 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, 2002).

Le Togo, a démontré son engagement dans cette dynamique de préservation des ressources naturelles notamment par la convention de Ramsar entrée en vigueur au Togo le 4 novembre 1995 qui recense les zones humides au Togo (Badabaté *et al.*, 2012). Quelques études sporadiques réalisées sur les bassins versants au Togo ont été menées vers le Nord et le sud du pays pour montrer l'importance de ces écosystèmes dans la conservation de la biodiversité et leurs multiples services rendus (Tampo

et al., 2015 ; Diwediga *et al.*, 2018). Les micros bassins situés au centre du pays sont peu documentés alors qu'ils disposent d'importantes ressources naturelles conservées depuis plusieurs années. Cette étude est une contribution scientifique à la connaissance de la diversité végétale et à l'évaluation des types d'utilisations des terres des micros bassins au centre du pays à partir d'un outil rapide et efficace (Collect earth) de collecte de données qui est méconnu. Face à la pression anthropique autour des formations végétales situées dans les trois micros bassin (Tadja, Pouebou et Padjan-Yakpara), l'expansion des villages et la nécessité d'avoir une meilleure connaissance sur les ligneux, cette étude se propose de contribuer à la gestion durable des forêts au Togo. Spécifiquement, elle vise à caractériser des formes d'utilisation des terres, y compris les usages afférents et évaluer la diversité floristique.

MATERIEL ET METHODES

1. Description de la zone d'étude

L'étude a été menée dans trois bassins (Tadja, Pouebou et Padjan-Yakpara) situés dans la région centrale du Togo, plus précisément dans la préfecture de Blitta. La zone d'étude couvre une superficie de 156 km² et appartient à la zone écologique III du Togo (Ern, 1979).

Elle est située entre les longitudes 1°04' et 1°11' Est et latitudes 8°08' et 8°18' de Nord. Les trois bassins sont à cheval entre les cantons d'Agbandi, Tchaloude, Langabou et Yeloumbe (figure 1). La zone d'étude se situe dans la pénéplaine faisant partie de la grande plaine bénino-togolaise, d'altitude faible allant de 100 m à 200 m, drainée par le Mono et ses affluents (Anié, Wawa, Yéloum et Okou) (Petit, 1981). Les types de sols rencontrés dans la zone sont constitués de vertisols, sols ferrallitiques fortement oxydés, et les sols peu évolués. La zone d'étude jouit d'un climat soudano-guinéen sous l'effet de l'Harmattan et de la Mousson. Elle connaît deux saisons: une saison pluvieuse qui va d'avril à octobre et une saison sèche qui va de novembre à mars. La hauteur des pluies enregistrées se situe entre 800 et 1 400 mm d'eau par an avec un maximum en août-septembre, une précipitation moyenne annuelle de 1327,2 mm (Direction Nationale de la météorologie (1982 – 2019)). Les températures moyennes sont comprises entre 25,7° et 29,6°. Les mois ayant les températures les plus élevées sont mars et avril (figure 2). Le milieu d'étude est constitué de savanes arbustives; des prairies ; les forêts claires ; les champs et jachères. On rencontre des espèces végétales comme *Bombax buonopozense* P. Beauv. (Kapokier), l'iroko (*Milicia excelsa* (Welw.) C.C.Berg), *Khaya grandifoliola*

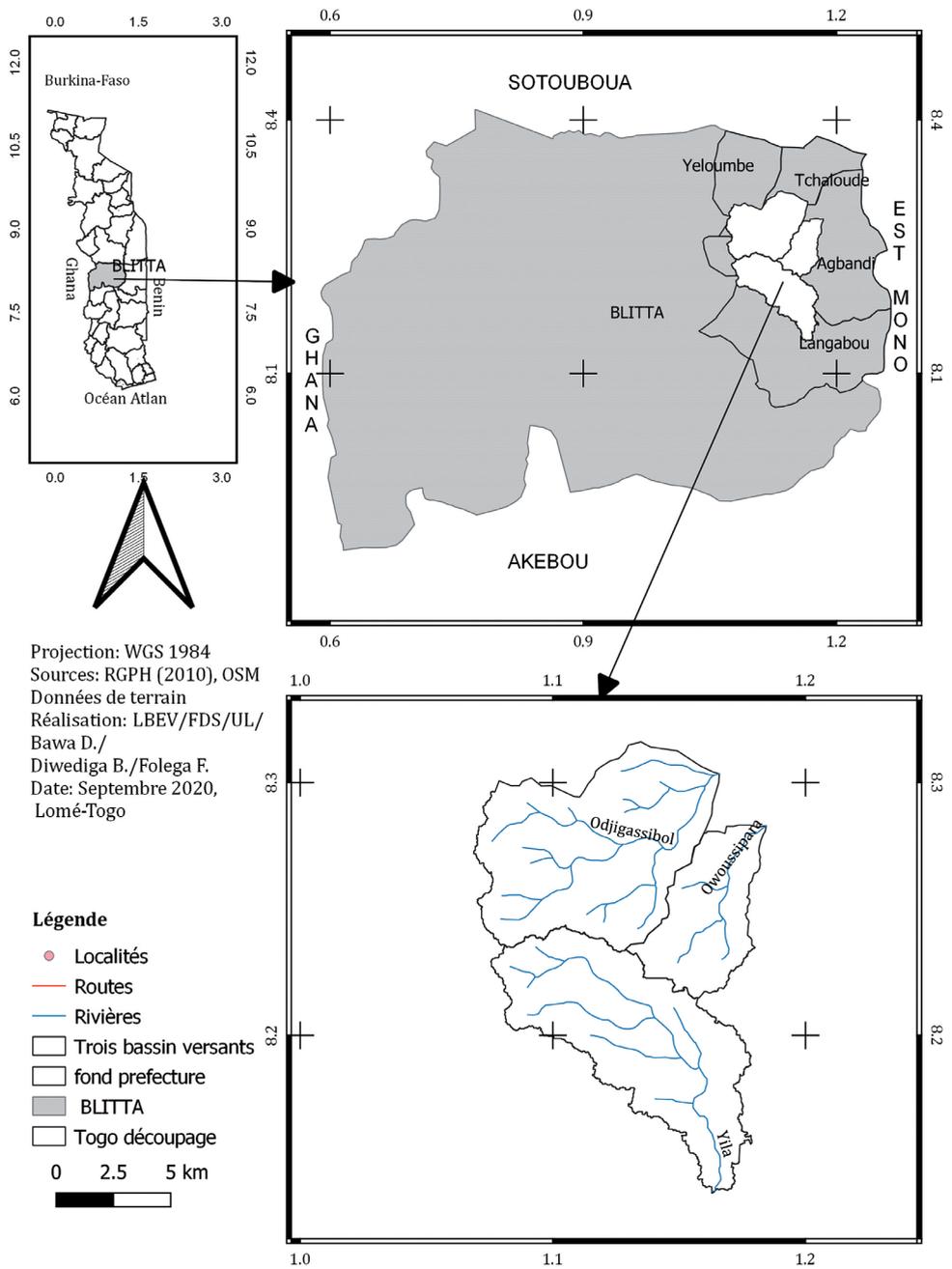


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

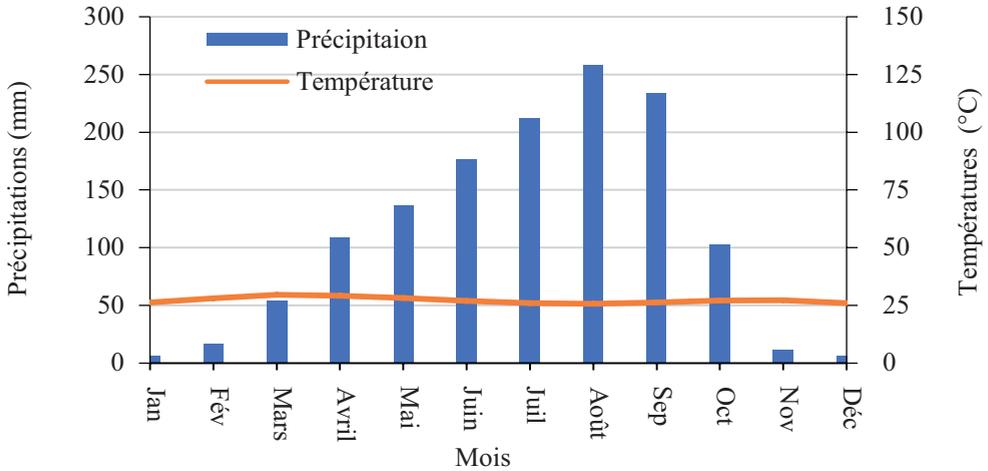


Figure 2 : Courbe ombrothermique de la ville de Blitta.
 Source : Direction Nationale de la météorologie (1982 – 2019).

etc. La zone d'étude est peuplée par les groupes socioculturels Anyanga, Kabyè, Losso, Tem, Ewe, Peuls etc. pour une population estimée à 10 631 habitants d'après le recensement RGPH-2010. Avec les conditions du milieu, l'économie repose essentiellement sur les activités du secteur primaire.

2. Collecte de données

2.1. Evaluation rapide des formes d'utilisation des terres dans le paysage des trois micros bassins.

La zone d'étude constituée d'un complexe de trois micros-bassins a été délimitée suivant des analyses spatiales sous les extensions SAGA du logiciel QGIS. Cette démarche a consisté à l'emploi d'une image satellite de type

Digital Elevation Model (DEM) du capteur ASTER de résolution spatiale de 15 m, superposée au vecteur du contour de la FCA et du réseau hydrographique. Cette forêt étant un des centres d'intérêt de l'étude se révèle être également le point de partage des eaux des bassins de son paysage. Ainsi les exutoires ont été définis autour des altitudes de 100 m, avant de procéder à l'exécution de l'algorithme de découpage des micros bassins. Suite à cette analyse, trois petits bassins relevant tous du Mono ont été identifiés et drainés respectivement par les rivières Owoussipara, Yila et Odjigassibol.

Pour réaliser cette évaluation des formes d'utilisation des terres, l'étude a fait recours au complexe de logiciel Collect Earth (photo 1), plateforme numérique (Google Earth, Bing Map

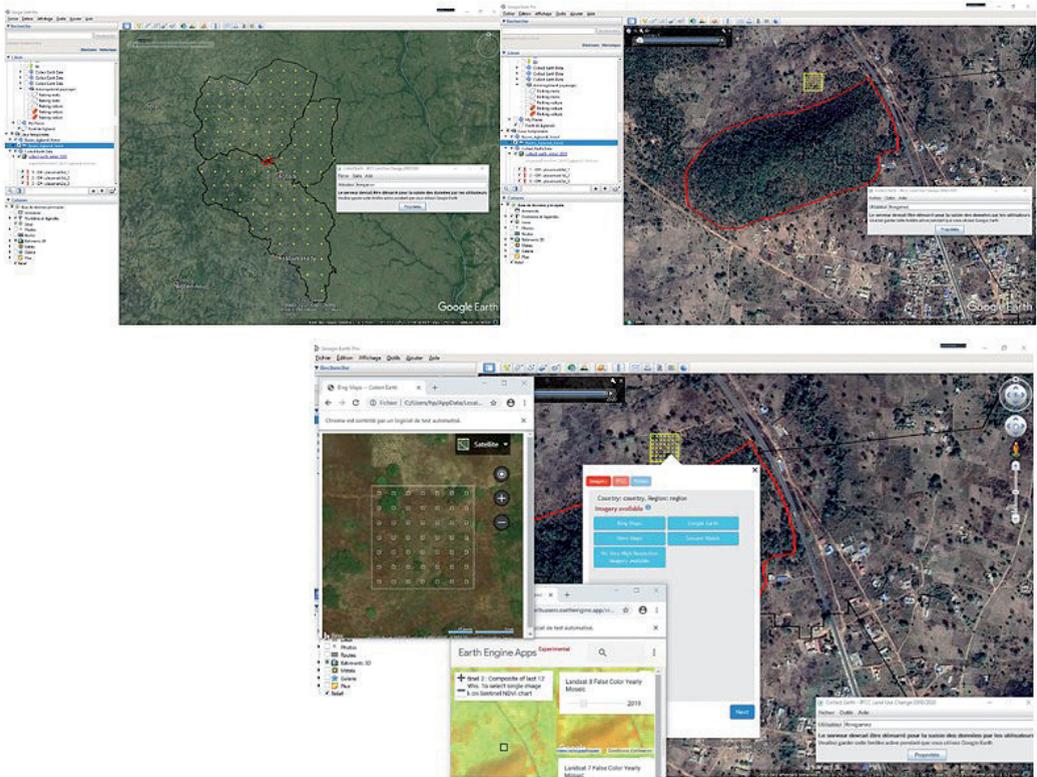


Photo 1 : Dispositif numérique des formes d'occupation des terres.

et Yahoo Map) d'accès aux images de haute résolution (Spot, IKONOS, Digital Globe etc.) et Saiku Analysis. Ainsi une grille de 122 points d'échantillonnages constitués de parcelles de 5 ha suivant une maille régulière de 1000 m et couvrant la zone des trois micros bassin a été générée sous QGIS. L'espace de 1000 m entre les mailles a été choisi pour détecter toutes les formes d'utilisation des terres. La grille de point exportée en format kml a été de nouveau importée dans Collect Earth pour recueillir

des informations relatives au type d'occupation de sol, à la nature des perturbations, l'accessibilité, la densité des arbres etc.

2.2. Inventaire floristique

Un total de 30 points d'échantillonnages équidistants de 100 m a été distribué de façon régulière sur le vecteur représentant la FCA sous QGIS. Pour un point d'échantillonnage donné, une placette de 30 m x 30 m est mise en place à des fins d'inventaires floristiques.

L'étude de la végétation s'est basée sur la méthode stigmatique de Braun-Blanquet (Westhoff & Van Der Maarel, 1978) déjà adoptée par plusieurs auteurs (Adomou, 2005 ; Folega *et al.*, 2011a ; Dourma *et al.*, 2017). Sur les aires définies de 30m x 30m, de façon visuelle, toutes les espèces herbacées et ligneuses rencontrées sont identifiées, notées et affectées d'un coefficient d'abondance-dominance suivant l'échelle de Braun-Blanquet (Westhoff & Van Der Maarel, 1978) (Tableau I).

3. Traitement des données

3.1. Données spatiales

Les métadonnées sous le format csv ont été extraites de Collect Earth puis ouvertes avec un tableur Excel ou un prétraitement du genre tableau croisé dynamique et organisation variable ont précédé les analyses proprement dites. Les données apurées relatives au type d'occupation de sol, nature des perturbations, l'accessibilité, la densité

des arbres ont servi à construire des graphes après une statistique descriptive.

3.2. Inventaire floristique

Les espèces relevées ont été classées suivant leurs familles (Akoègninou *et al.*, 2006 ; APGIII, 2009), la forme biologique (Raunkiaer, 1934) et le type phytogéographique (White, 1986). Une matrice « espèces x relevés » a été réalisée sur la base de la présence/absence des espèces. Cette matrice est soumise à une analyse factorielle de Correspondance grâce au logiciel XLSTAT 2014 pour discriminer les groupements végétaux. Ensuite cette matrice, est soumise à nouveau à une classification hiérarchique ascendante suivant la méthode de Ward à partir de l'indice de similarité ou de dissemblance de Jaccard afin de constituer le dendrogramme de toutes les communautés végétales pour avoir une vie synthétique de la floristique. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Community Analysis Package (CAP®2.15). Avant de calculer

Tableau I : Importance du coefficient de couverture des espèces.

Classe de couverture	Signification	Echelle de van der Maarel
R	Un particulier	1
+	Couverture sans importance	2
1	Moins de 5%	3
2	5 à 25%	5
3	25 à 50%	7
4	50 à 75%	8
5	Plus de 75%	9

les caractéristiques de diversité alpha de chaque groupement, une nomenclature spécifique a été déterminée suivant la méthode de valeur indicative *INDVAL* (Legendre & Legendre, 1998).

La valeur indicative *INDVAL* donne pour chacune des espèces des informations sur le nombre d'individus, sur leurs distributions ainsi que sur l'importance (Nusbaumer *et al.*, 2005) et est déterminée suivant la formule ci-dessous :

$$INDVAL = Fr \times Ar \times 100$$

où *Fr* et *Ar* désignent respectivement la fréquence relative et l'abondance relative de chaque espèce.

La détermination de la diversité alpha est faite par le calcul de la richesse spécifique (*R_s*), l'indice de diversité de Shannon (*H'*), l'équitabilité de Piélou (*E*) (Cottam & Curtis, 1956 ; Magurran, 2004).

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n}\right) \log_2 \left(\frac{n_i}{n}\right)$$

où *n_i* est le nombre de relevés dans lesquels est présente l'espèce *i*, et *n* le nombre total de relevés.

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

H' est la diversité observée, et *S* la richesse spécifique.

La diversité de Shannon (*H'*) mesure l'entropie et a des valeurs comprises entre 1 et 5.

L'indice d'équitabilité de Piélou (*E*) correspond au rapport entre la diversité observée et le logarithme à base 2 du nombre total d'espèces (*S*) dont la valeur est comprise entre 0 et 1. Lorsque cette valeur est proche de «0» les espèces sont faiblement réparties, mais par contre proche de «1» les espèces sont équitablement réparties.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Etat d'occupation des terres dans la zone d'étude

Les analyses des 122 points révèlent que le paysage des trois micros bassins est reparti majoritairement entre les terres cultivées (48%), les prairies (23%) et les terres forestières (8%). Les établissements humains sont estimés à 8% de la superficie échantillonnée pour 3% et 10% respectivement pour les terres humides et autres terres (figure 3). Ces résultats illustrent la possibilité d'utiliser les images de hautes résolutions de Google Earth comme l'on déjà exploité certains auteurs comme (Dimzoure *et al.*, 2013 ; Atakpama *et al.*, 2017) pour la cartographie d'occupations des sols respectivement en Tunisie et au Togo. L'utilisation de ces images dans le cadre de notre étude a été possible grâce au

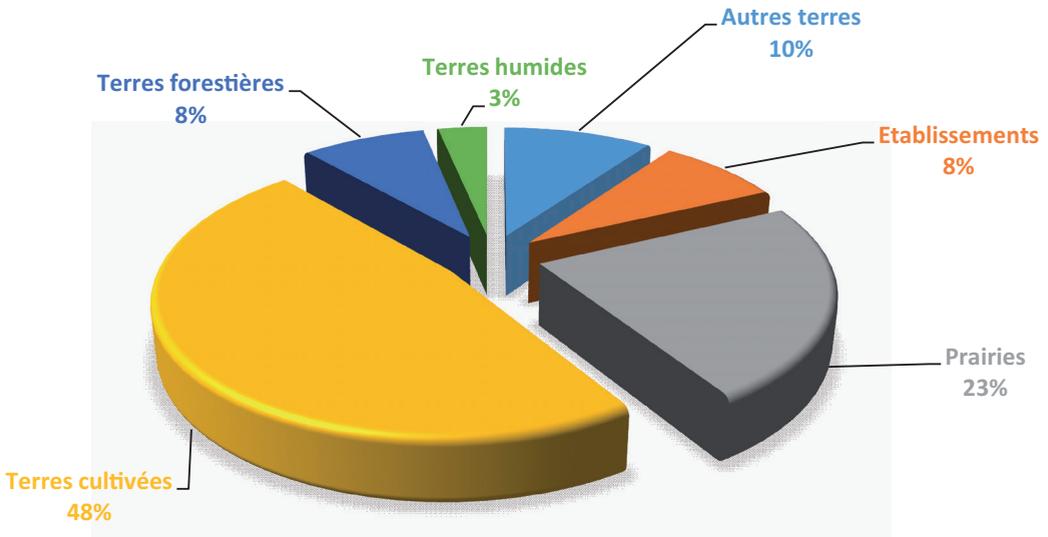


Figure 3 : Proportions des classes d'occupation du sol.

logiciel Collect Earth qui facilite l'accès gratuit à de nombreuses images archivées de très haute résolution spatiale (Google Earth, Bing Map, et Yahoo Map). Cet outil a servi à l'évaluation rapide de l'utilisation des terres de notre milieu d'étude. La structure, l'utilisation et l'importance de ce logiciel ont été énumérées dans les travaux de (Bey *et al.*, 2016). Collect Earth a été également utilisé par (Gedefaw *et al.*, 2020) pour la collecte des données en vue de l'estimation précise des zones d'utilisation des terres/couverture des terres dans les zones semi-arides du sud-ouest des États-Unis, où la pénurie d'eau et la perte de terres de parcours et de cultures affectent les systèmes de production alimentaire.

Les classes d'occupations des terres identifiées au cours de cette étude sont équivalentes aux résultats des travaux de (Khadka *et al.*, 2020) réalisés au Népal mais les proportions restent différentes. Cette dissemblance serait liée à la géographie du milieu d'étude. En outre, la topographie du milieu d'étude expliquerait la grande superficie qu'occupe l'agriculture dans notre zone d'étude. Le milieu reste favorable avec la plaine et l'influence des micro bassins qui offrent des terres adaptées aux cultures vivrières. Les unités d'occupation définies par la présente étude sont similaires aux résultats de (Folega *et al.*, 2017a) qui montre dans ses travaux la dominance des champs, suivi de jeunes jachères parsemées

de quelques îlots de teckeraies et de palmeraies. Par contre ces résultats sont contraire aux observations faites par (Atakpama *et al.*, 2017) dans ses travaux réalisés dans la forêt Communautaire d'Amavénou dans la préfecture d'Agou au Togo. Les terres forestières de la zone d'étude qui devraient occuper une place importante restent réduites. Cela s'expliquerait par la dégradation des forêts au profit des paysages agraires lié aux activités anthropiques. Les mêmes remarques liées à l'anthropisation ont été faites par (Folega *et al.*, 2014b ; Polo-Akpisso *et al.*, 2016) dans les Park nationaux Oti-Kéran-Mandouri.

Dans le paysage des trois micros bassins, 69,67%, 20,49% et 3,27% des parcelles ont des couvertures en ligneux estimées respectivement à moins de 10%, entre 10 et 30%, et entre 30 et 60%. Ces proportions sont confirmées par le faible taux (9,83%) de parcelles ayant plus 30 arbres à l'échelle du paysage (figure 4). Les contrôles sur le terrain ont permis de confirmer l'existence de ces forêts et de découvrir que la plupart sont des forêts sacrées ou des forêts communautaires. Aussi, les 8% des installations humaines identifiées regroupent des bâtis et agglomérations. Il s'agit des villages riverains de la zone d'étude. L'exploration spatiale révèle également que 55,73% des parcelles d'échantillonnages ne sont pas accessible ; cependant 15,57%

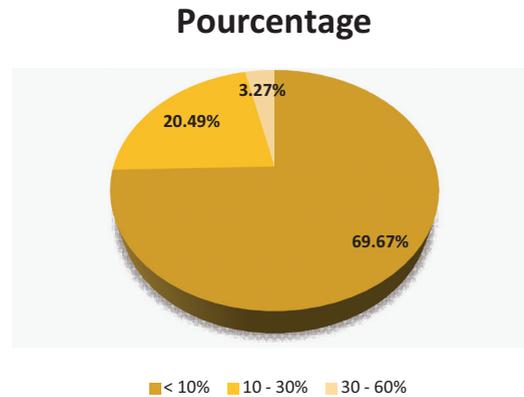


Figure 4 : Proportion de couverture en ligneux des parcelles des zones forestières.

et 13,93% des parcelles sont situées respectivement entre 2-3 km et 3-5 km des pistes (figure 5).

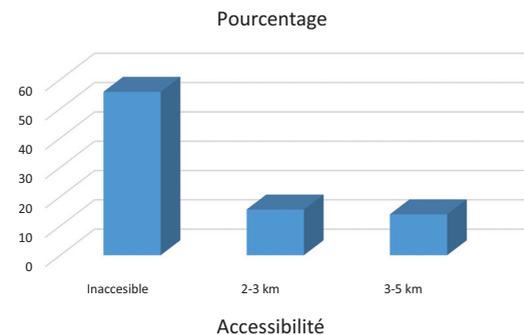


Figure 5 : Proportion de couverture en ligneux des parcelles des zones forestières.

2. Bilan floristique

À l'issue de l'inventaire floristique, il a été recensé au total 131 espèces réparties en 117 genres et 43 familles. Cette richesse spécifique est légèrement inférieure aux résultats observés par

(Dourma *et al.*, 2017 ; Folega *et al.*, 2017a) et très inférieure à la diversité végétale distinguée par (Wala, 2010) sur la végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin avec 663 espèces recensées réparties entre 107 familles et 385 genres. Cette différence s'expliquerait par la superficie du milieu d'étude, la topographie, l'influence des conditions climatiques, les effets d'anthropisations etc.

Les familles les plus représentées dans notre flore identifiée (figure 6) sont les Fabaceae 26,66% (25 espèces), les Rubiaceae 6,79% (12 espèces), les Combretaceae 5,67% (7 espèces) et les Phyllantaceae 4,81% (4 espèces). La prédominance des Fabaceae et des Combretaceae est une caractéristique des forêts claires, savane arbustive et

arborée des zones soudaniennes. La même tendance s'observe avec les travaux de (Dourma *et al.*, 2012a ; Folega *et al.*, 2014a) sur la flore des forêts claires à *Isoberlinia* spp. en zone soudanienne au Togo et une étude menée au Burkina-Faso sur l'influence du gradient climatique sur la distribution des espèces des Combretaceae (Thiombiano *et al.*, 2006).

Parmi les espèces végétales rencontrées, les plus dominantes sont *Isoberlinia doka* Craib & Stapf, *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., *Anchomanes difformis* (Bl.) Engl., *Burkea africana* Hook., *Commelina erecta* L., *Lannea acida* A. Rich. s.l., *Pericopsis laxiflora* (Benth.) Meeuwen et *Pterocarpus erinaceus* Poir. Une courbe rang-fréquence (figure 7) a

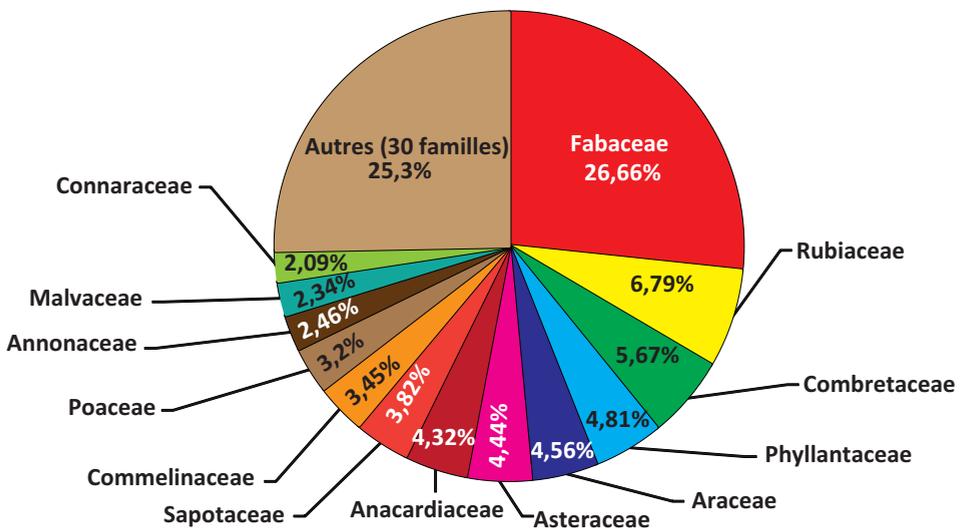


Figure 6 : Spectre spécifique des familles.

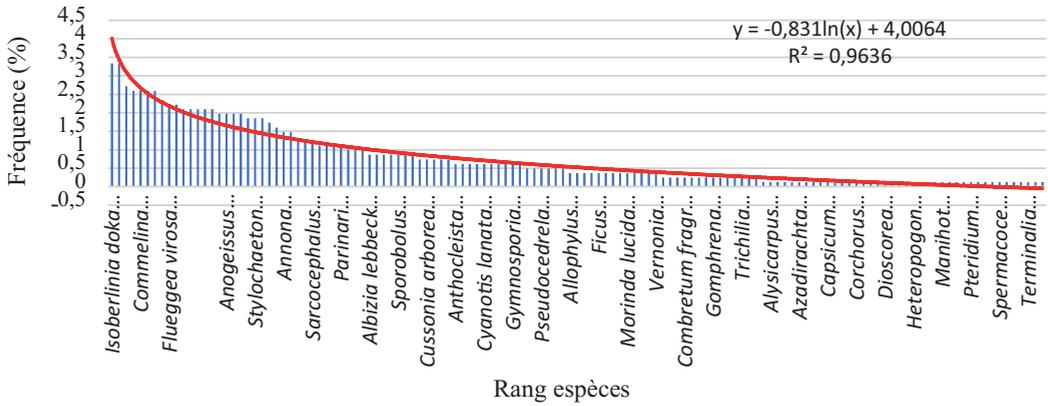


Figure 7 : Courbe rang-fréquence des espèces

permis de montrer que la distribution de ces espèces suivant leurs fréquences suit une régression logarithmique d'équation $Y = -0,831\ln(x) + 4,0064$ avec un coefficient de corrélation très élevée ($R^2= 0,9636$).

Le spectre biologique du potentiel floristique (figure 8) montre une dominance des mésophanérophytes (39,25%) suivis des microphanérophytes (17,53%), les nanophanérophytes (12,83%). Les

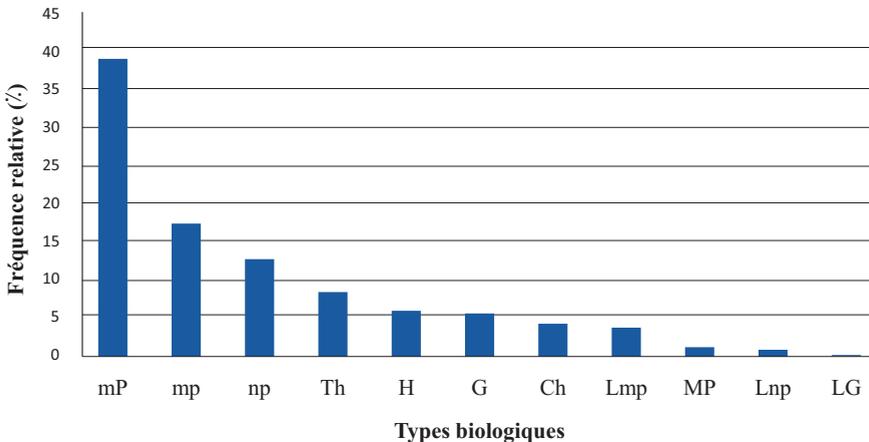


Figure 8 : Spectres biologique de toutes les espèces recensées.

(MP = mégaphanérophyte, mP = mésophanérophyte, mp = microphanérophyte, np = nanophanérophyte, Lmp = lianes mésophanérophytes, Lnp = lianes nanophanérophytes, Th = thérophytes, H = hémicryptophytes, Ch. = chaméphytes, G = géophyte LG = lianes géophytes).

thérophytes, les hémicryptophytes, les géophytes, les chaméphytes, les lianes mésophanérophytes, les mégaphanérophytes, les lianes nanophanérophytes et les lianes géophytes relativement sous représentées ont respectivement des taux de 8,51%, 6,04%, 5,67%, 4,32%, 3,82%, 1,23%, 0,61% et 0,12% dans ce paysage. La dominance des mésophanérophytes, des microphanérophytes et des nanophanérophytes et la très faible proportion des mégaphanérophytes par rapport à la distribution des types biologiques met en évidence le caractère boisé de la zone étudiée (Atakpama *et al.*, 2017 ; Dourma *et al.*, 2017). Cela pourrait s'expliquer par la très faible proportion des chaméphytes, des géophytes qui sont des espèces adaptées aux écosystèmes semi-arides, arides, soumis aux stress de feux et des zones pâturées (Amghar & Kadi-Hanifi, 2004). La présence de lianes est due aux activités anthropiques marquées par des champs et des jachères.

Le spectre phytogéographique montre une dominance des espèces soudano-zambéziens (34,81%) suivies des espèces soudano-guinéenne (16,04%), des espèces pantropicales (12,34%), des espèces plurirégionales africaines (9,38%), des espèces qui sont retrouvées à la fois dans la zone guinéo-congolaise et soudano-zambézienne (7,28%), des

espèces afro-tropicales (6,54%). Les espèces guinéo-congolaise (3,45%), les espèces guinéennes (3,33%), les espèces cosmopolites (3,08%), les espèces introduites (1,48%), les espèces paléo-tropicales (1,23%), les espèces afro-américaines (0,61%), les espèces afro-malgaches (0,37%) sont très peu représentées (figure 9). La prédominance des espèces soudano-zambéziens suivies des espèces soudano-guinéennes et des espèces pantropicales traduit l'existence d'un climat tropical relativement humide dans la zone d'étude qui est favorable au développement des écosystèmes forestiers. La dominance des espèces soudano-guinéennes relevées est également signalée au Bénin (Guinko, 1984 ; Akoègninou *et al.*, 2006 ; Ouoba, 2006), au Burkina-Faso et dans les travaux de (Folega *et al.*, 2014c). Le taux d'espèces plurirégionales africaines présentes illustre le niveau de perturbations tandis que la faible représentation d'espèces guinéo-congolaises caractérise la présence négligeable de la flore hygrophile qui se développe grâce aux réseaux hydrographiques.

3. Typologie des formations végétales rencontrées

L'analyse factorielle des Correspondances (AFC) grâce au logiciel XLSTAT 2014 a permis de discriminer

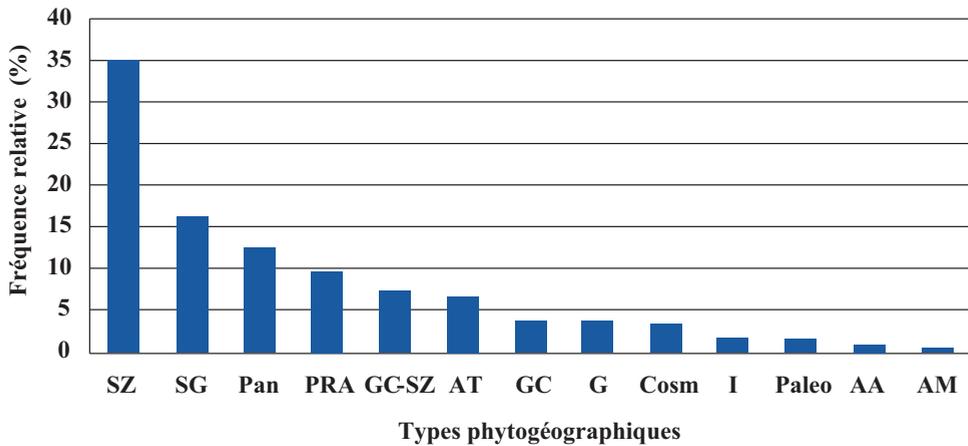


Figure 9 : Spectre phytogéographique de toutes les espèces recensées.

(AT : Afro-tropicales, Pan : Pantropicales, PRA : plurirégionales africaines, Paleo : Paléo-tropicales, SG : Soudano-Guinéens, GC : Guinéo-Congolaises, GC-SZ : espèce qu'on retrouve dans les deux zones, AA : Afro-Américaines, G : Guinéens, SZ : Soudano-Zambéziens, I : introduites, Cosm : cosmopolites, AM : Afro-malgaches).

deux groupements végétaux de base (figure 10) suivant l'axe 1 qui traduit un gradient édaphique croissant de gauche vers la droite: formations végétales sur sol sableux et limoneux, formations végétales situées en bas de versant. L'axe 2 traduit un gradient croissant de la toposéquence du bas vers le haut : formations végétales de mi- versant et haut versant sur des sols en gravillons et en galets. Cette analyse statistique qualitative appliquée dans de nombreux travaux (Bonin & Tatoni, 1990 ; Folega *et al.*, 2011b ; Diedhiou *et al.*, 2018) illustre l'organisation écologique des espèces dans les différents relevés. Suivant l'AFC, le premier groupement est sous une forte anthropisation qui se traduit par des habitats, des champs et jachères.

Le second groupement montre une végétation relativement mieux conservée nonobstant les traces des activités humaines comme le pâturage. Dans le plan factoriel formé par les axes 1 et 2, les axes canoniques des variables écologiques sont représentés en lettres grasses. D'après les quatre premiers canoniques, les axes ont exprimé 37,01% de la variance de la relation entre les espèces et les facteurs environnementaux (Tableau II) dont 24,31% pour les deux premiers axes. Les enseignements apportés par ce résultat enrichissent les connaissances sur le niveau de perturbation des rapports entre la composition de la végétation et de son environnement. Cette technique d'étude des communautés végétales

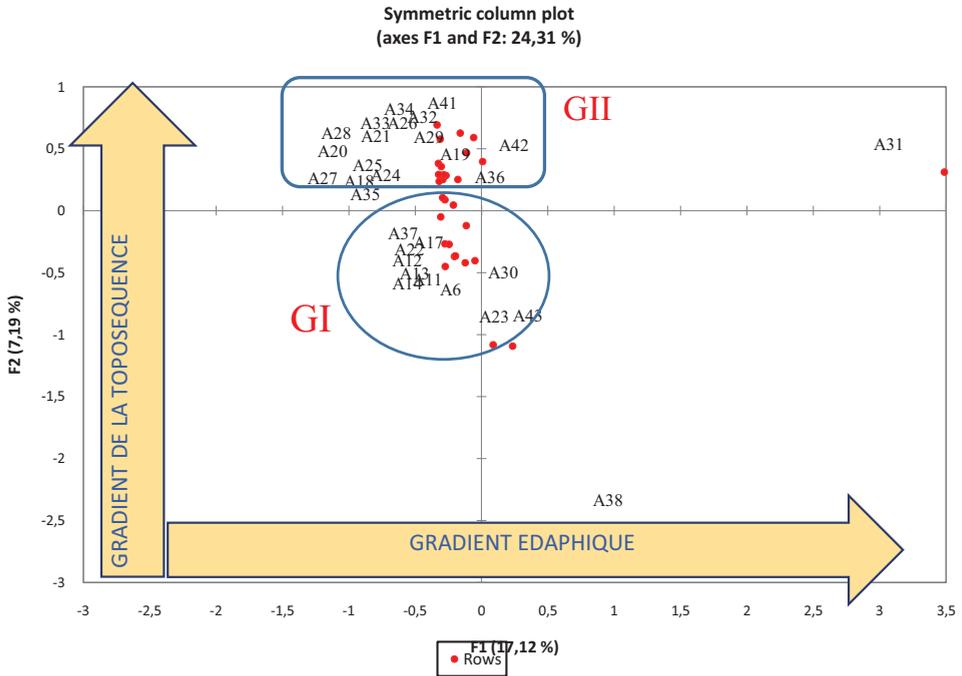


Figure 10 : Distribution des relevés d’inventaire floristique dans le plan factoriel des axes 1 et 2 de la AFC.

Tableau II : Résumé statistique de l’ordination AFC.

Paramètres	F1	F2	F3	F4
Eigenvalue	0,65	0,27	0,25	0,23
Inerti (%)	17,11	7,18	6,67	6,03
Pourcentage cumulé de variance	17,11	24,30	30,98	37,01

est couramment utilisée (Folega *et al.*, 2014a ; Diwediga *et al.*, 2015 ; Faraoun *et al.*, 2016).

Une nouvelle classification hiérarchique ascendante (figure 11) à l’aide du logiciel Community Analysis Package (CAP) des groupements GI et GII à un seuil de similarité de 1,3% permet

de discriminer quatre sous-groupes, GIa, GIb, GIIa, GIIb. Le premier groupe GIa est une savane arborée à *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. et *Isoberlinia doka* Craib & Stapf; le second groupement GIb est un groupement à *Tectona grandis* L.f et *Parinari curatellifolia* Planch. exBenth.; le groupement GIIa est une

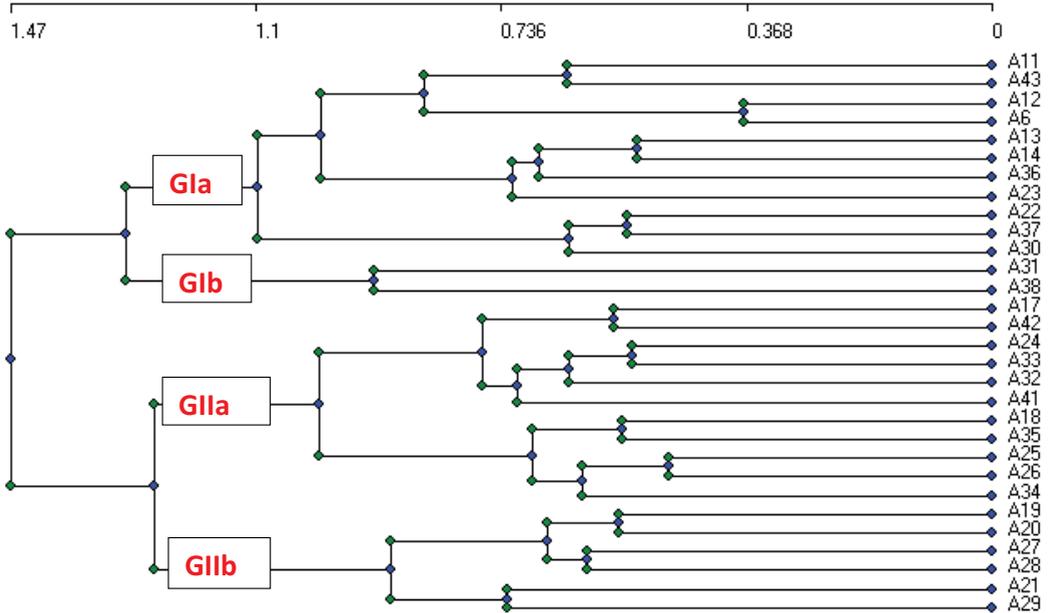


Figure 11 : Classification hiérarchique ascendante des 30 relevés.

forêt claire à *Isoberlinia doka* Craib & Stapf et *Lannea acida* A.Rich. s.l. et le quatrième groupement GIIb est une forêt claire à *Pterocarpus erinaceus* Poir. et *Securidaca longipedunculata* Fresen.

Il faut noter que cette dernière classification permettant de définir les différents groupements s'est basée sur la similarité floristique des communautés végétales rencontrées sur le terrain. Chaque groupement a été nommé et décrit à partir de ses espèces dominantes et caractéristiques calculées grâce à l'INDVAL, ainsi que par le type d'habitat auquel il correspond (Cakan *et al.*, 2011; Folega *et al.*, 2012 ; Khennouf

et al., 2018). Les résultats de cette classification reflètent les travaux réalisés par (Folega *et al.*, 2011a ; Ahouandjinou *et al.*, 2017; Kombate *et al.*, 2019).

3.1. Savane arborée à *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. et *Isoberlinia doka* Craib & Stapf (Gla)

Le premier groupement est composé de 11 relevés. Ce groupement a une richesse spécifique de 80 espèces réparties en 76 genres et 36 familles. Les Fabaceae (26,73%) suivies des Rubiaceae (7,81%), Phyllantaceae (5,41%) et Combretaceae (5,11%) sont les familles les plus abondantes et fréquentes dans

ce groupement. La prédominance de ces familles est une caractéristique des savanes africaines qui conservent leur physionomie originelle nonobstant la forte anthropisation (Melom *et al.*, 2015 ; N'guessan *et al.*, 2018). La savane arborée de la FCA se retrouvent le plus souvent aux bas-versants sur un sol limono-sableux. Les espèces caractéristiques de cette formation sont *V. paradoxa* et *I. doka*. Les autres espèces ligneuses disposent d'une faible valeur d'importance. Parmi ces espèces, certaines peuvent être utilisé pour la production des plants dans le cadre de la restauration du couvert végétal de cet environnement. Il s'agit entre et autre de *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalziel ; *Pterocarpus erinaceus* Poir.; *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G.Don ; *Terminalia macroptera* Guill. & Perr. et *Albizia lebbek* (L.) Benth. La composition spécifique de ce groupement s'apparente au type à *V. paradoxa* et *P. biglobosa* de (Dourma *et al.*, 2012b) dans la dynamique des faciès forestiers fragiles à *Isoberlinia* spp dans les régions centrale et de la Kara avec les espèces dominantes comme *I. doka*, *V. paradoxa*, *P. biglobosa*, *Vitex doniana*, *T. glaucescens*, *P. laxiflora*, *B. africana*, *I. tomentosa*, *P. erinaceus*, *P. curatellifolia*. Cette formation est aussi semblable au groupement à *I. doka* et *I. tomentosa* de (Trekpo, 1999) dans la forêt classée Ouenou-

Benou au Nord-Est du Bénin avec des espèces dominantes comme *I. doka*, *P. erinaceus*, *B. africana*, *D. oliveri* et *V. paradoxa*. Les indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Piélou sont respectivement égaux à $4,2 \pm 0,26$ bits et $0,94 \pm 0,26$. Ces mesures révèlent une grande diversité de ce groupement (Wala, 2010 ; Folega *et al.*, 2011b). Le taux de recouvrement de cette formation est inférieur à 25% (Kombate *et al.*, 2019) et elle est exposée aux activités anthropiques.

3.2. Groupement à *Tectona grandis* L.f. et à *Parinari curatellifolia* Planch. ex Benth. (G1b)

2 relevés ont permis de décrire ce groupement. Il est constitué des champs, jachères et plantations qui sont installés au bas de versant aux alentours de la FCA sur un sol sablo-limoneux. Une diversité de 42 espèces végétales appartenant à 39 genres et 19 familles a été identifiée. La richesse spécifique de cette formation est supérieure à celle du groupement de jachères et champs de (Folega *et al.*, 2017b) dans la forêt Communautaire d'Edouwossi-Cope (FCEC). On retrouve ce résultat malgré le nombre inférieur de relevés qui ont permis de décrire cette formation. Cela serait dû à l'utilisation des relevés d'inventaires forestiers, seules les espèces ligneuses ont permis de caractériser la formation de jachères

et champs dans la FCEC. Ces résultats peuvent se confirmer par la supériorité de la composition spécifique du groupe de jachères et champs de (Atakpama *et al.*, 2017) dans la forêt communautaire d'Amavénou et celle de (Dourma *et al.*, 2017).

Les familles les plus fréquentes sont les Fabaceae (17,02%) accompagnées des Poaceae (12,76%), des Malvaceae (10,63%) et des Euphorbiaceae (8,61%). La prédominance des Poaceae qui se retrouvent en seconde position dans ce groupement indique le niveau élevé d'emprise des activités humaines (Kokou *et al.*, 1999 ; Atakpama *et al.*, 2017). Ce peuplement marqué par une forte anthropisation avec des bâtis et pâturage est dominé par des espèces invasives et envahissantes dont les espèces dominantes sont *T. grandis*, *Cyperus rotundus* L. *Gomphrena celosioides* Mart. et *Chromolaena odorata* Cc (L.) R.M.King & H.Rob. Ce groupement est semblable au groupe des plantations de tecks et de jachère de (Atakpama *et al.*, 2017). La valeur de l'indice de Shannon est de $3,71 \pm 0,37$ bits et celle de l'Équitabilité de Piélou est de $0,99 \pm 0,37$. Les conditions pédoclimatiques de cette formation localisée aux bas de versant favorisent les installations humaines et les pratiques agricoles. Le taux de recouvrement de cette formation est faible.

3.3. Les forêts claires à *Isoberlinia doka* Craib & Stapf et *Lannea acida* A.Rich. s.l. (GIIa)

Les forêts claires sont décrites à partir de 11 relevés. Au total, 78 espèces végétales ont été recensées, réparties en 75 genres et 32 familles. Cette formation est située sur les mi-versants et les hauts versants drainés avec de fortes pentes topographiques sur un sol en gravillons. Les familles les plus représentées sont les Fabaceae 28%, les Combretaceae 7% et les Rubiaceae 7%. La représentation non négligeable des Rubiaceae implique une importante présence des essences d'arbres et d'arbustes de cette famille qui sont indicateurs de l'existence de conditions écologiques forestières (Aubreville, 1950 ; Folega *et al.*, 2014c). La prédominance des Combretaceae relate l'existence d'un climat sec (Aubreville, 1950).

Les espèces les plus fréquentes sont *I. doka* (13%) et *L. acida* A. Rich. s.l. (12%). Les autres espèces ligneuses caractéristiques de ce groupement qui peuvent être valorisé dans le cadre de l'aménagement de cet écosystème sont *Terminalia glaucescens* Planch., *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr., *V. paradoxa* et *Azelia africana* Sm. Cette composition floristique est différente de celle du groupement des forêts claires des mosaïques forêt-savane semi-montagnardes au centre du Togo de

(Atsri *et al.*, 2018). La valeur de l'indice de Shannon est de $4,07 \pm 0,27$ bits et celle de l'Équitabilité de Piélou est de $0,93 \pm 0,27$. Le taux de recouvrement de cette formation est évalué autour de 50%.

3.4. Les forêts claires à *Pterocarpus erinaceus* Poir. et *Securidaca longipedunculata* Fresen. (GIIb)

Ce groupement discriminé est constitué de 6 relevés. Les formations des forêts claires sont situées sur les hauts versants drainés, sur un sol en gravillons de structure fragmentaire. Le cortège floristique est constitué de 48 espèces réparties en 48 genres et 27 familles. Cette richesse spécifique est légèrement inférieure à celle du groupement des forêts claires dégradées de (Folega *et al.*, 2017b) dans la FCEC. Les familles les plus fréquentes sont les Fabaceae 26%, les Combretaceae 6% et les Polygonaceae 6%. Ces familles reflètent les mêmes caractéristiques que celles rencontrées dans les groupements précédents.

Les espèces végétales les plus représentées sont *P. erinaceus* (26%) et *S. longipedunculata* (25%). Cette dernière espèce qui occupe une importante proportion dans la zone d'étude est une plante à usage multiple et très utilisée dans la médecine traditionnelle africaine (Ojewole, 2008; Mongalo *et al.*, 2015). Parmi les autres espèces ligneuses caractéristiques de ce

groupement, certaines peuvent en plus de celles citées dans les groupements précédents faire l'objet de production de plants pour la restauration de ces écosystèmes. Il s'agit de *I. doka* ; *L. acida*, *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. et *Sterculia setigera* Delile. La composition floristique de cette formation se rapproche du type à *Monotes kerstingii* et *Burkea africana* (Dourma *et al.*, 2012b) dont les espèces végétales se développent sur des replats de haut-versant aux sols ferrugineux. La valeur de l'indice de Shannon est de $3,68 \pm 0,34$ bits et celle de l'Équitabilité de Piélou est de $0,95 \pm 0,34$. Le taux de recouvrement de cette formation est estimé à 50%.

Ces différents groupes végétaux ont été discriminés dans la FCA suivant le gradient édaphique et topographique. Ils sont caractérisés par les facteurs biophysiques (Diwediga *et al.*, 2015). Ces variables seraient à l'origine des dissemblances entre ces communautés végétales. En effet, les groupes situés dans les basses altitudes disposent d'une richesse spécifique plus élevée que ceux situés aux hauts versants.

CONCLUSION

L'étude a permis de disposer de la typologie de l'occupation du sol et la richesse spécifique de la FCA. Six classes d'occupation du sol à savoir

les terres cultivées, les prairies, les terres forestières, les zones humides, les agglomérations et les autres terres. Le cortège floristique de la FCA est composé de 131 espèces réparties en 117 genres et 43 familles. Les Fabaceae et les Rubiaceae sont les familles dominantes de cette flore. L'espèce la plus fréquente et dominante dans ce paysage est *Isoberlinia doka* Craib & Stapf qui s'est mieux adaptée à la zone et dispose d'un meilleur développement. Quatre groupements ont été identifiés dans ce paysage à savoir des savanes arborées à *Vitellaria paradoxa* ; les forêts claires à *Tectona grandis* ; à *Isoberlinia doka* et à *Pterocarpus erinaceus*. La composition spécifique de cette zone reste assez importante malgré les pressions anthropiques et les anomalies climatiques. Cet écosystème mérite une protection pour conserver sa biodiversité qui joue d'importants rôles pour la population riveraine et endigue les problèmes environnementaux mondiaux.

Références

Adomou A., 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin.

Ahouandjinou S. T., Yédomonhan H., Tossou M. G., Adomou A. C., Akoègninou A., 2017. Diversité floristique et caractérisation structurale

de la réserve forestière de Ouoghi en zone soudano-guinéenne (Centre-Bénin). *European Scientific Journal*, 13(12): 400-423.

Akoègninou A., Van der Burg W., Van der Maesen L. J. G., 2006. Flore analytique du Bénin: Backhuys Publishers, p.

Amghar F., Kadi-Hanifi H., 2004. Effet du pâturage sur la biodiversité et l'état de la surface du sol dans cinq stations à Alfa du Sud Algérois. *Ferchichi A, (comp.), Ferchichi A, (collab.), Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens, Zaragoza: CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes N, 62: 399-402.*

APGIII, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105–121.

Atakpama W., Folega F., Pereki H., Wala K., 2017. Cartographie, diversité et structure démographique de la forêt communautaire d'Amavénou dans la préfecture d'Agou au Togo.

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.

Aubreville A., 1950. Flore forestière soudano-guinéenne (A. O. F.- Cameroun).

Badabaté D., Koffi H., Kpérkouma W., Komlan B., Thierry T., Koffi A., 2012. Agriculture de contre saison sur les berges de l'Oti et ses affluents. *African Crop Science Journal*, 20(2): 613-624.

Bey A., Sánchez-Paus Díaz A., Maniatis D., Marchi G., Mollicone D., Ricci S., Bastin J.-F., Moore R., Federici S., Rezende M., 2016. Collect earth: Land use and land cover assessment through augmented visual interpretation. *Remote Sensing*, 8(10): 807.

Bielsa S., Chevassus-au-Louis B., Martin G., Pujol J.-L., Richard D., Salles J.-M., 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. *Contribution à la décision publique. Rapport du centre d'analyse stratégique (CAS), France.*

Blanchard E., 2016. Diversité structurale des forêts denses humides de la Province Nord de Nouvelle-

Calédonie: de l'arbre au paysage. Université de Montpellier.

Bonin G., Tatoni T., 1990. Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement. *Ecologia mediterranea*, 16(1): 403-414.

Burley J., 2002. La diversité biologique forestière: tour d'horizon. *Unasylva*, 53(2): 3-10.

Byron R., Sayer J., 2020. Broadening ambition of forest policies: the Spears legacy. *International Forestry Review*, 22 (1): 9-16.

Cakan H., Yilmaz K. T., Alphan H., Ünlükaplan Y., 2011. The classification and assessment of vegetation for monitoring coastal sand dune succession: the case of Tuzla in Adana, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 35(6): 697-711.

Cottam G., Curtis J. T., 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37(3): 451-460.

Diedhiou M. A. A., Faye E., Ngom D., Fall S., 2018. Caractérisation de la flore et de la végétation ligneuse des terroirs villageois de Keur Birame (Kaffrine) Et Saré Yorobana (Kolda) au Sénégal.

European Scientific Journal, 14(21): 391-409.

Dimzoure L., Wellens J., Tychon B., 2013. Cartographie des périmètres irrigués de Mogtedo et de Karfiguela à l'aide de Google Earth.

Diwediga B., Le Q. B., Agodzo S. K., Tamene L. D., Wala K., 2018. Modelling soil erosion response to sustainable landscape management scenarios in the Mo River Basin (Togo, West Africa). *Science of the Total Environment*, 625: 1309-1320.

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.

Dourma M., Batawila K., Guelly K. A., Bellefontaine R., Foucault B. d., Akpagana K., 2012a. La flore des forêts claires à *Isobertia* spp. en zone soudanienne au Togo Titre courant: Flore des forêts claires à *Isobertia*. *Acta Botanica Gallica*, 159(4): 395-409.

Dourma M., Batawila K., Wala K., Kokou K., Guelly K. A., Bellefontaine R., De Foucault B., Akpagana K.,

2009. Régénération naturelle des peuplements à *Isobertia* spp. en zone soudanienne au Togo. *Acta Botanica Gallica*, 156(3): 415-425.

Dourma M., Soou E., Amana E. K., Atakpama W., Folega F., Polo-Akpisso A., Wala K., Akpagana K., 2017. La forêt classée d'Atakpame: diversité, typologie, sequestration de carbone et activités anthropiques. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19(3): 29-45.

Dourma M., Wala K., Guelly K.-A., Bellefontaine R., Deleporte P., Akpavi S., Batawila K., Akpagana K., 2012b. Typologie, caractéristiques structurales et dynamique des faciès forestiers fragiles à *Isobertia* spp. en vue de leur gestion au Togo.

Ern H., 1979. Die Vegetation Togos. Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. *Willdenowia*: 295-312.

Faraoun F., Bouzidi M. A., Attaoui I., Latreche A., Meliani H., Benyahia M., 2016. Caractérisation des formations végétales à *Ampelodesmos mauritanicus* (Poir.) D. & S. sur Djebel Tessala, Algérie occidentale. *Afrique Science*, 12(5): 326-335.

Folega F., Atakpama W., Pereki H., Djiwa O., Dourma M., Kombate

B., Abreni K., Wala K., Akpagana K., 2017a. Potentialites ecologiques et socio-economiques de la foret communautaire d'agbedougbe (region des Plateaux-Togo). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19(2): 31-49.

Folega F., Dourma M., Wala K., Batawila K., Xiuhai Z., Chunyu Z., Akpagana K., 2014a. Basic overview of riparian forest in sudanian savanna ecosystem: case study of Togo. *Revue d'écologie*.

Folega F., Gabriel S., Zhang C. Y., Hai Z. X., Wala K., Batawila K., Akpagana K., 2011a. Evaluation of agroforestry species in potential fallows of areas gazetted as protected areas in North-Togo. *African Journal of Agricultural Research*, 6(12): 2828-2834.

Folega F., Kperkoum W., Zhang C.-y., Zhao X.-h., Koffi A., 2011b. Woody vegetation of protected areas in northern Togo. Cases of Barkoissi, Galangashi and Oti-Keran: ecological and structure analyses of plant communities. *Forestry Studies in China*, 13(1): 23-35.

Folega F., Pereki H., Woegan A., Dourma M., Atakpama W., Maza M., Akpagana K., 2017b. Caracterisation ecologique de la Forêt Communautaire d'Edouwossi-Cope (region des

Plateaux-Togo). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19(3): 47-61.

Folega F., Zhang C.-y., Zhao X.-h., Wala K., Batawila K., Huang H.-g., Dourma M., Akpagana K., 2014b. Satellite monitoring of land-use and land-cover changes in northern Togo protected areas. *Journal of Forestry Research*, 25(2): 385-392.

Folega F., Zhang C., Woegan Y., Wala K., Dourma M., Batawila K., Seburanga J., Zhao X., Akpagana K., 2014c. Structure and ecology of forest plant community in Togo. *Journal of Tropical Forest Science*: 225-239.

Folega F., Zhao X., Batawila K., Zhang C., Huang H., Dimobe K., Pereki H., Bawa A., Wala K., Akpagana K., 2012. Quick numerical assessment of plant communities and land use change of Oti prefecture protected areas (North Togo). *African Journal of Agricultural Research*, 7(6): 1011-1022.

Gedefaw M. G., Geli H. M., Yadav K., Zaied A. J., Finegold Y., Boykin K. G., 2020. A cloud-based evaluation of the National land cover database to support New Mexico's food-energy-water systems. *Remote Sensing*, 12(11): 1830.

- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute-volta.
- Khadka A., Dhungana M., Khanal S., Kharal D., 2020.** Forest and other land cover assessment in Nepal using Collect Earth. *Banko Janakari*, 30(1): 3-11.
- Khenouf H., Chefrou A., Corcket E., Alard D., Véla E., 2018.** La végétation dunaire du littoral de Jijel (Algérie): proposition d'une nouvelle zone importante pour les plantes. *Revue d'écologie*.
- Kokou K., Caballé G., Akpagana K., 1999.** Analyse floristique des îlots forestiers du sud du Togo. *Acta Botanica Gallica*, 146(2): 139-144.
- Kombate B., Dourma M., Folega F., Woegan A. Y., Kpérkouma W., Akpagana K., 2019.** Structure et potentiel de séquestration de carbone des formations boisées du Plateau Akposso en zone sub-humide au Togo. *Afrique Science*, 15(2): 70-79.
- 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).
- Legendre P., Legendre L., 1998.** Numerical ecology: developments in environmental modelling. *Developments in Environmental Modelling*, 20.
- Magurran A., 2004.** Measuring biological diversity blackwell science. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford, 105.
- Melom S., Mbayngone E., Bechir A. B., Ratnan N., Mapongmetsem P. M., 2015.** Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Massenya au Tchad (Afrique centrale). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1): 3799-3813.
- Mongalo N. I., McGaw L., Finnie J., Van Staden J., 2015.** *Securidaca longipedunculata* Fresen (Polygalaceae): A review of its ethnomedicinal uses, phytochemistry, pharmacological properties and toxicology. *Journal of Ethnopharmacology*, 165: 215-226.
- N'da D., Adou Y. C. Y., N'guessan K. E., Kone M., Sagne Y. C., 2008.** Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 4(3).

- N'guessan O. Y., N'guessan A. E., Egnankou W. M., Sangare M., N'guessan K. E., 2018.** Structure et composition de la végétation en zone sub-soudanaise (Département de Dianra, Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire): étude descriptive et comparative. *Afrique Science*, 14(2): 304-315.
- Naeem S., Naeem S., Thompson L. J., Lawler S. P., Lawton J. H., Woodfin R. M., 1995.** Empirical evidence that declining species diversity may alter the performance of terrestrial ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 347(1321): 249-262.
- Nusbaumer L., Gautier L., Chatelain C., Spichiger R., 2005.** Structure et composition floristique de la Forêt Classée du Scio (Côte d'Ivoire). Etude descriptive et comparative. *Candollea*, 60(2): 393-443.
- Ojewole J., 2008.** Analgesic, anti-inflammatory and hypoglycaemic effects of *Securidaca longepedunculata* (Fresen.) [Polygalaceae] root-bark aqueous extract. *Inflammopharmacology*, 16(4): 174-181.
- Ouoba P., 2006.** Flore et végétation de la forêt classée de Niangoloko, sud-ouest du Burkina Faso. 11: 140.
- Petit M., 1981.** Géomorphologie. In: Atlas du Togo, Y.E. GÜ-KONU *Jeune Afrique*, Paris: 8-9.
- 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. *Implementing Climate Change Adaptation in Cities and Communities*: Springer, 3-21.
- Raunkiaer C., 1934.** The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*.
- Reid W. V., Mooney H. A., Cropper A., Capistrano D., Carpenter S. R., Chopra K., Dasgupta P., Dietz T., Duraiappah A. K., Hassan R., 2005.** Ecosystems and human well-being-Synthesis: A report of the Millennium Ecosystem Assessment: Island Press, p.
- Tampo L., Gnazou M., Akpataku V., Bawa L., Djaneyé-Boundjou G., Nuto Y., Oueda A., Guenda W., 2015.** Application des méthodes statistiques à l'étude hydrochimique des eaux d'un hydrosystème tropical: Cas du bassin versant de la rivière Zio (Togo). *European Scientific Journal*, 11(14).

Thiombiano A., Schmidt M., Kreft H., Guinko S., 2006. Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Candollea*, 61(1): 189-213.

Trekpo J., 1999. Contribution à l'étude des possibilités d'aménagement durable de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord-Est du Bénin: Structure et dynamique des principaux-groupements végétaux. *Mém. Ing. CPU/UNB*, Bénin.

Wala K., 2010. La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin: diversité floristique, phytosociologie et impact humain. *Acta Botanica Gallica*, 157(4): 793-796.

Westhoff V., Van Der Maarel E., 1978. The braun-blanquet approach. *Classification of plant communities*: Springer, 287-399.

White F., 1986. La végétation de l'Afrique: mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique Unesco/AETFAT/UNSO: IRD Editions.