

Ecologie numérique des îlots de forêts communautaires du bassin versant de Klikpa au Togo

Numerical ecology of community forest patches in the Klikpa watershed in Togo

Achraf KOUMOL^{1*}, Fousseni FOLEGA¹, Abalo ATATO², Yao Agbelessissi WOEGAN¹, Kperkouma WALA¹, Koffi AKPAGANA¹

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. (Koumoiaachraf19@gmail.com);

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

Résumé. La présente étude menée sur les îlots 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. Les inventaires floristiques ont été réalisés dans 63 relevés sur une surface de 50m X 20 m chacun. Suite aux traitements et analyses, un total de 193 espèces réparties en 170 genres et 55 familles ont été recensées. Les familles les plus représentées sont : les Fabaceae (20,08 %), les Malvaceae (9,17 %), les Asteraceae (6,93 %), les Apocynaceae (6,57 %), et les Euphorbiaceae (5,92 %). Quatre (4) groupements végétaux ont été identifiés suite aux analyses factorielles par correspondance et caractérisés par calcul des indices de diversité alpha. Il s'agit du groupement à *Azadirachta indica* A. Juss et à *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby, du groupement à *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby et à *Tectona grandis* L. f., du groupement à *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr et à *Holarrhena floribunda* (G. Don). Durand et Schinz et du groupement à *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby et à *Caesalpinia pulcherrima* L. Ces différents groupements présentent une forte similarité avec l'indice Shannon supérieur à 4 et celui de Pielou supérieur ou égal à 0,92.

Mots-clés : forêts communautaires, biodiversité, bassin versant, écologie numérique, Togo.

Abstract. This study conducted on the community forest islands of the Klikpa watershed in the Avé prefecture aims to contribute to the sustainable management of community forests in Togo. Floristic inventories were carried out in 63 surveys on a surface of 50m x 20 m each. After processing and analysis, a total of 193 species were recorded in 170 genera and 55 families. The most represented families are Fabaceae (20.08%), Malvaceae (9.17%), Asteraceae (6.93%), Apocynaceae (6.57%), and Euphorbiaceae (5.92%). Four (4) plant groupings were identified following the correspondence factorial analyses and characterized by calculating the alpha diversity indices. It is the grouping of *Azadirachta indica* A. Juss and *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby, the grouping of *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby and *Tectona grandis* L. f., the grouping *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr and *Holarrhena floribunda* (G. Don). Durand et Schinz and the grouping of *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby and *Caesalpinia pulcherrima* L. These different groupings present a strong similarity with the Shannon index higher than 4 and that of Pielou higher than or equal to 0.92.

Keywords: community forests, biodiversity, watershed, Togo.

Abridged English version:

This paper on the digital ecology of community forest patches in the Klikpa watershed focused on sixty-three (63) community forest patches identified in Google Earth. It aims to contribute to the sustainable management of community forests in Togo. For that purpose, each forest plot was surveyed. In order to characterize the different stands on the site without considering growth kinetics, the surveys were conducted in temporary plots of 50 m x 20 m (Polo-Akpisso *et al.* 2015; Pauwels *et al.*, 1999). The choice of rectangular plots is explained by the fact that they are the most suitable for inventories in forest plantations (Van Laar & Akça, 2007).

This study of the vegetation is carried out to determine the floristic potential based on Braun-Blanquet's stigmatic method (Braun-Blanquet, 1932) which is used in several types of research by a large number of authors (Sinsin, 1993; Akpagana *et al.* 1994; Kokou *et al.* 2006). All species were inventoried in rectangular-shaped surveys of 50 m x 20 m Thiombiano *et al.* 2016, Descoings 1970). The species encountered were inventoried and assigned an abundance/dominance coefficient following Braun-Blanquet's scale (Braun-Blanquet 1932).

Following the analysis of data, this methodology allowed us to obtain diversity in the Klikpa watershed of 193 species

divided into 170 genera and 55 families. *Azadirachta indica* (3.68%) is the most frequent species followed by *Chromolaena odorata* (3.32%), *Holarrhena floribunda* (3.11%), and *Senna acuta* (2.96%). The most represented families are Fabaceae (20.08 %), Malvaceae (9.17 %), Asteraceae (6.93 %), Apocynaceae (6.57 %) and Euphorbiaceae (5.92 %). The other families are poorly represented (Fig. 2).

The biological types (Fig. 3) most represented in Klikpa watershed are nanophanerophytes (26.04%), microphanerophytes (21.87%), and mesophanerophytes (15.10%). Therophytes (10.94%) and microphanerophyte lianas (8.33%) are moderately represented. Geophyte lianas (0.52%), mesophanerophyte lianas (1.56%), and geophytes (1.56%) are very poorly represented. Chorologically (Fig. 4), the Klikpa watershed is dominated by Guinean-Congolese species (23.84%), Pantropical species (20.80%), and Afro-Tropical species (17.80%) when considering the gross spectrum. Next come the Introduced (9.17%), Sudanese-Zambezian and Guinean-Congolese (7.65%), and Paleo-Tropical (6.43%) species. Sudanese, African Pluriregional, and Sudano-Guinean species are rare with rates of 1.44%; 0.79%, and 0.50% respectively. Afro-Malagasy species are very rare with a proportion of 0.072%.

Indirect gradient factorial correspondence analysis (FCA) using XLSTAT software allowed to discriminate of four (4) vegetation groups in the Klikpa watershed, namely (Fig. 6): group 1: *Azadirachta indica* A. Juss and *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby, group 2: *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby and *Tectona grandis* L.f., group 3: *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr and *Holarrhena floribunda* (G.Don). Durand et Schinz and grouping 4: *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby and *Caesalpinia pulcherrima* L. The graphs of biological and phytogeographical types follow the pattern of those of the study area.

Based on the number of common species, the Sorenson similarity index was calculated using CAP software. The results show that the similarity between the groupings is between 50% and 60%. The maximum similarity is observed between groupings G2 and G4 (65%) and the minimum similarity between G1 and G4 (51%) followed by G2 and G3 (55%). This means that these clusters have enough species in

common. The similarity between G1 and G2 and between G1 and G3 is 62%. The floristic affinity of these four groupings is higher than 50% in all cases. It shows that each individual grouping constitutes a relatively dependent unit of the others. This can be explained by the presence of the same native species as well as the almost uniform reforestation in specific diversity in the area. Considering the factors of ecological determinism, we notice that grouping 2 and 4 are floristically very close and present the same dominant and abundant first species. This floristic similarity is also confirmed by the Sørensen similarity index. The degree of similarity between the four plant groups compared two by two by Sørensen's similarity index is shown in table 1.

The present study has highlighted the species richness of the Klikpa watershed and the different groupings possible in the study area. With its richness of species, the Klikpa catchment still remain area of high biodiversity potential.

INTRODUCTION

L'importance des écosystèmes forestiers dans le maintien de l'équilibre global de la planète est largement admise (Biaou *et al.* 2019) car ils soutiennent à plus de 80 % la biodiversité terrestre. Ces écosystèmes fournissent d'importants services qui peuvent aider les populations à s'adapter à la variabilité et aux changements observés (Folahan *et al.* 2018). Ils jouent un rôle essentiel, et bien connu, grâce aux nombreux services écosystémiques qu'ils procurent tels que la production de bois et des produits forestiers non ligneux, la conservation de la biodiversité, le stockage de carbone, l'atténuation des effets des changements climatiques, la protection de l'eau et des sols, les services culturels (Houngpèvi *et al.* 2011). 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 2011). Cette dégradation représente l'une des plus importantes causes de réduction de la biodiversité dans le monde (N'da *et al.* 2008). Cette réduction de la biodiversité se poursuit à un rythme alarmant. Ce phénomène est dû à plusieurs raisons en occurrence l'agriculture itinéraire sur brûlis, les feux de végétation, la surexploitation des ressources phytogénétiques, le surpâturage, la pression démographique mais surtout de l'agriculture qui conduit à la réduction du couvert végétal et une augmentation considérable de la surface cultivée (Folega *et al.* 2018). En Afrique de l'Ouest, ce taux de déforestation est estimé à 0,21 % 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.* 2014 ; Byron & Sayer, 2020). Le Togo qui est dépourvu de massif forestier, figure parmi les pays à fort taux de déforestation au plan mondiale (Folega *et al.* 2018). Au Togo, cette situation est due spécialement à l'insuffisance des capacités techniques et faible niveau d'information des communautés. Aussi l'abandon des bonnes pratiques de gestions durables 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). Néanmoins, il a démontré son engagement dans une dynamique de préservation des ressources naturelles notamment par la création de plusieurs aires protégées et l'encouragement de la foresterie communautaire ces dernières années. Le Togo s'est doté d'un important réseau d'aires protégées distribuées sur toute l'étendue du territoire national (Woegan 2011). Cependant à ce vaste réseau, il existe une multitude des écosystèmes boisés sur les bases des croyances traditionnelles appelées forêts

sacrées (Kokou *et al.* 2005). Certains domaines forestiers non permanent faisant l'objet d'une convention de gestion entre communauté villageoise et l'administration chargé des forêts (Tobith & Cuny 2006) sont également à signalés. Ces forêts depuis des années, sur la base des croyances et les traditions ont permis une conservation très efficace de la biodiversité (Kokou & Sokpon 2006). C'est d'ailleurs pour cette raison que l'on considère ces forêts comme le refuge d'un grand nombre d'espèces végétales et animales (Woegan 2011). À la différence des aires protégées qui ont un statut légal sans un plan d'aménagement et de gestion, les forêts communautaires togolaises dans la plupart des cas sont sans dispositions légales (Folega *et al.* 2017) et ne présentent non plus un plan de gestion réel et efficace.

La connaissance de la flore et de la structure de ces habitats constitue une base de données scientifique, nécessaire pour appuyer les plans d'aménagement de ces écosystèmes. Ceci est indispensable pour soutenir les politiques nationales de développement durable. Plusieurs études ont été réalisées pour caractériser l'importance d'un suivi permanent dans la conservation et la gestion de ces écosystèmes forestiers qui sont négligeables. Au Togo, très peu de forêts communautaires ont fait objet de recherches scientifiques (Atakpama *et al.* 2017, Folega *et al.* 2017). Folega *et al.* (2017) ont montré le potentiel socio-économique de la forêt communautaire d'Agbedougbe (Atakpama *et al.* 2017, Folega *et al.* 2017). Atakpama *et al.* (2017) ont décrit la structure de la forêt communautaire d'Amavenou ; (Kokou *et al.* 2005) ont caractérisé les forêts sacrées de la zone Dahoméenne.

L'évaluation du niveau de conservation de ces milieux, leur composition spécifique et leur potentiel biologique reste pour le moment inexistante. Ainsi des études systémiques de ces îlots éparses de forêts communautaires saveurs indispensables. La recherche phytosociologique basée sur les inventaires de ces îlots pourrait contribuer à mieux gérer ces forêts communautaires dont leur rôle n'est à démontrer dans la conservation de la biodiversité et de la protection de l'environnement. Une analyse phytoécologique de ces îlots de forêts est nécessaire pour une meilleure explication de la structure de ce paysage végétal. Le présent article est une contribution à une meilleure connaissance des forêts communautaires au Togo à des fins de promotion des bonnes pratiques en biologie de conservation. Elle vise à déterminer la diversité floristique des îlots de forêts et de caractériser les groupements phytosociologiques majeurs du bassin versant de Klikpa.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude

Le Bassin Versant de Klikpa est situé au Togo dans la région maritime. Il a une superficie de 243,176 Km². Il est situé dans la préfecture de l'Avé dans la zone écologique IV (Ern 1979) et est à cheval sur les cantons d'Ando, Dzolo, Kévé et Badja (Fig. 1). Il est localisé entre 6° 10' et 6° 50' latitude Nord et 0° 9' et 1° 10' longitude Est.

Les différents types de sols rencontrés dans le bassin versant de Klikpa sont : les sols peu évolués d'origine non climatique, ferrugineux tropicaux, ferralitiques (tributaire d'une altération intense et profonde et sont plus rencontrés dans les collines), hydromorphes (argileuse, limoneuse et sablo-argileux) et les sols à profil accidenté. (Lévêque 1969).

Le réseau hydrographique est peu dense et se limite à quelques ruisseaux qui sont des cours d'eau saisonniers. Ils coulent dans les vallées larges sous forme de marécages et 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 maximas centrés sur les mois de mai - juin et septembre - octobre. La pluviométrie est plus élevée dans la zone, ce qui engendre des plans d'eau temporaires avec des risques d'inondations.

D'après la 4^e Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) en 2010, la population du BVK est estimée à 37183 habitants. La population est très concentrée dans les villes d'Assanhoun, Kévé, Dzolo, Badja et leur environ. Le reste de la zone est moins peuplé. La population est essentiellement paysanne mais on y rencontre des tisserands, les chasseurs et des commerçants.

Inventaire floristique

La méthodologie de collecte des données a pris en compte tous les soixante-trois (63) îlots de forêts communautaires repérés dans Google Earth. Les îlots considérés sont ceux bien visible observable sur l'interface Google Earth. Chaque îlot de forêt a fait l'objet d'un relevé. Afin de caractériser les différents peuplements du site sans prendre en considération la cinétique de croissance, les inventaires ont eu lieu dans des placettes temporaires (Pauwels *et al.* 1999) de dimensions rectangulaire de 50 m x 20 m (Polo-Akpisso *et al.* 2015; Descoings 1970, Thiombiano *et al.* 2016). Le choix des placettes rectangulaires s'explique par le fait qu'elles sont

les plus adaptées pour des inventaires dans les plantations forestières (Van Laar & Akça 2007).

Cette étude de la végétation est effectuée dans l'optique de déterminer le potentiel floristique en se basant sur la méthode stigmatiste de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet 1932) qui est utilisée dans plusieurs recherches par un grand nombre d'auteurs (Sinsin 1993, Akpagana *et al.* 1994, Kokou *et al.* 2006). Les espèces rencontrées ont été recensées et attribuées d'un coefficient d'abondance/dominance suivant l'échelle de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet 1932)

Traitement de données

Une matrice « relevé x espèces » a été conçue en se basant sur la présence/absence des espèces avec en ligne les espèces et en colonne les relevés. Cette matrice a permis à l'analyse floristique à l'échelle de la zone d'étude. Elle a été soumise à une analyse factorielle des correspondances suivant un gradient indirect pour discriminer les différents groupements. Ces groupements ont aussi fait objet de différentes analyses floristiques. La classification phylogénique a été utilisée pour la détermination des familles (APG III 2009). Les types de distribution ont été établis en se basant sur les grandes subdivisions chorologiques de White (White *et al.* 1986). Les formes biologiques utilisées sont celles des travaux de Raunkiaer (Raunkiaer 1934). La diversité alpha des différents groupements a été déterminée grâce aux calculs de la richesse spécifique (Rs), l'indice de diversité de Shannon (H'), l'équitabilité de Piélou (E) et l'indice de valeur d'importance des espèces et des familles de plantes (Magurran, 1988; Kent & Coker 1992; Magurran & Ramnarine 2004).

- Richesse spécifique (Rs)

$$Rs = S$$

S : Nombre d'espèces

- Indice de diversité de Shannon (H')

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

ni : Nombre de relevés dans lesquels est présente l'espèce i

n : Nombre total de relevés.

- Indice d'équitabilité de Piélou (E)

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

S : Nombre d'espèces

$IVI = Fr \times Ar \times 100$ avec IVI : Indice de Valeur d'Importance, Fr : la fréquence relative et Ar l'abondance relative

Afin d'apprécier le degré de similitude des différents groupements l'indice de similarité de Sørensen a été estimé à partir du logiciel CAP.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des différents degrés de similitude entre les groupements étudiés
Table 1 : Summary table of the different degrees of similarity between the studied groupings

Étiquette des lignes	G1	G2	G3	G4
G1				
G2	0,6244			
G3	0,6224	0,5565		
G4	0,5152	0,6575	0,6547	

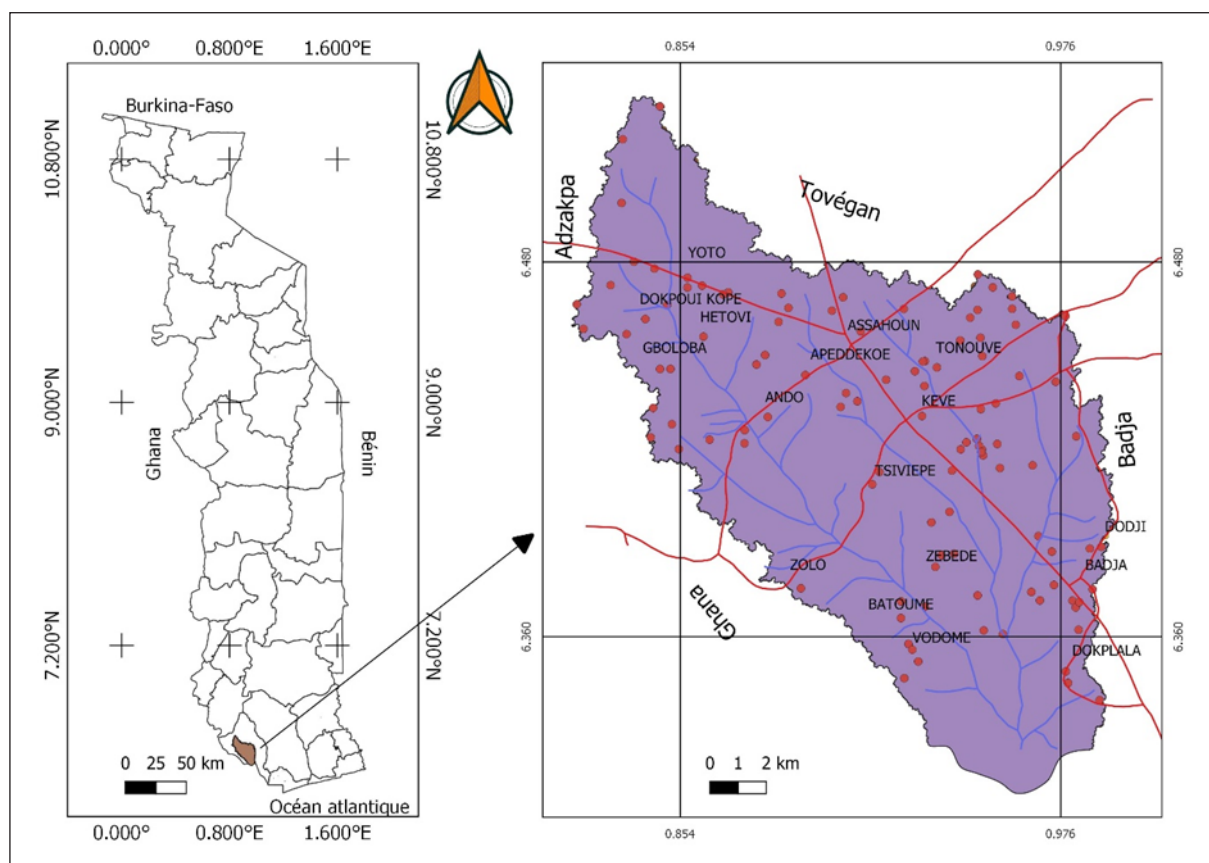


Figure 1 : Carte de la zone d'étude.

Figure 1 : Map of the study area.

RESULTATS

Analyse générale de la diversité biologique du BVK

L'analyse des données révèle une diversité de 193 espèces réparties en 170 genres et 55 familles. *Azadirachta indica* (3,68 %) est l'espèce la plus fréquente suivie de *Chromolaena odorata* (3,32 %), *Hollarhena floribunda* (3,11 %), *Senna acuta* (2,96 %). La distribution des espèces suivant leurs fréquences-abondances (fig. 5) suit une équation logarithmique d'équation $y = 0,0023x^2 - 0,0864x + 3,64$ avec un coefficient de corrélation très faible ($R^2 = 0,0404$). Les familles les plus représentées sont les Fabaceae (20,08 %), les Malvaceae (9,17 %), Asteraceae (6,93 %), les Apocynaceae (6,57 %) et les Euphorbiaceae (5,92 %). Les autres familles sont peu représentées (Fig. 2).

Les types biologiques (Fig. 3) les plus représentés dans le BVK sont les nanophanérophytes (26,04 %), les microphanérophytes (21,87 %) et les mésophanérophytes (15,10 %). Les thérophytes (10,94 %) et les lianes microphanérophytes (8,33 %) sont moyennement représentées. Les lianes géophytes (0,52 %), les lianes mésophanérophytes (1,56 %) et les géophytes (1,56 %) sont très peu représentées.

Sur le plan chorologique (Fig. 4), le BVK est dominé par les espèces Guinéo-Congolaises (23,84 %), les espèces Pantropicales (20,80 %) et les espèces Afro-Tropicales (17,80 %) en considérant le spectre brut. Ensuite viennent les espèces Introduites (9,17 %), Soudano-Zambéziennes-Guinéo-Congolaises (7,65 %), Paléo-Tropicales (6,43 %).

Les espèces Soudaniennes, Plurirégionales Africains, Soudano-Guinéennes sont rares avec respectivement des taux de 1,44 % ; 0,79 % et 0,50 %. Les espèces Afro-Malgaches sont très rares avec une proportion de 0,072 %

Diversité Alpha des différents groupements

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 (Fig.6) : 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. L'analyse de la répartition géographique ainsi que celle des données écologiques stationnelles montre que la distribution des îlots dans les différents groupements est le résultat des paramètres écologiques. Il s'agit du gradient hydrographique (pluviométrie) porté par l'axe des abscisses et latitudinale par l'axe des ordonnées. Les îlots les plus proches des cours d'eau et leurs affluents sont très concentrés autour de l'axe des abscisses. En effet, dans le plan factoriel d'ordination, les îlots forestiers sur les sols plus humides qui s'agglutinent sur l'axe des abscisses s'opposent aux îlots les moins humides un peu plus éloignés. L'axe des ordonnées est porté par le gradient latitudinal impactant ainsi la répartition géographique de la végétation (précisément du type de formation et de la diversité floristique).

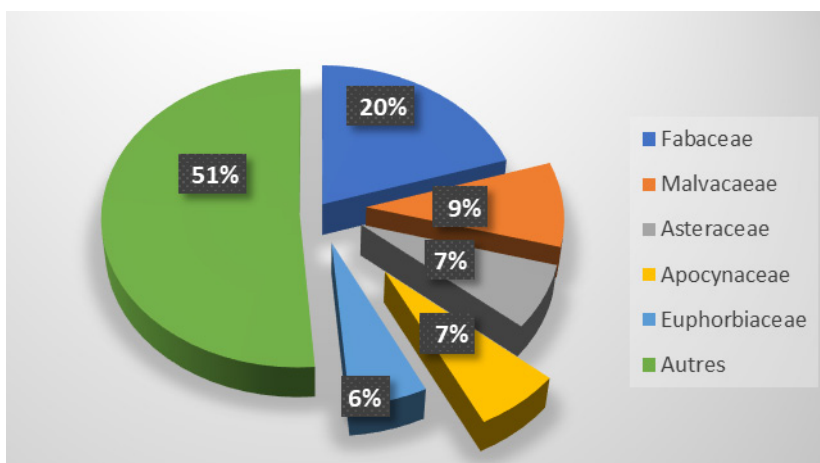


Figure 2 : Spectre des familles.

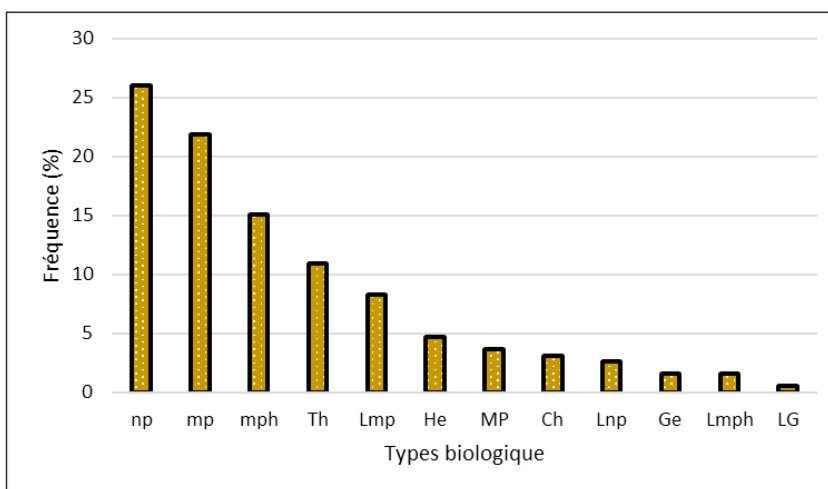
Figure 2 : Family spectrum.

Figure 3 : Spectre des types biologiques.

Figure 3 : Spectrum of biological types.

Légende:

np : Nanophanérophytes, mp : Microphanérophytes, mph : Mésophanérophytes, Th : Thérophytes, Lmp : Lianes microphanérophytes, Hémicryptophytes, MP : Mégaphanérophytes, Ch : Chaméphytes, He : Hémicryptophytes, Lnp : Lianes nanophanérophytes, Ge : Géophytes, Lmph : Lianes mesophanérophytes, LG : Lianes Géophytes.

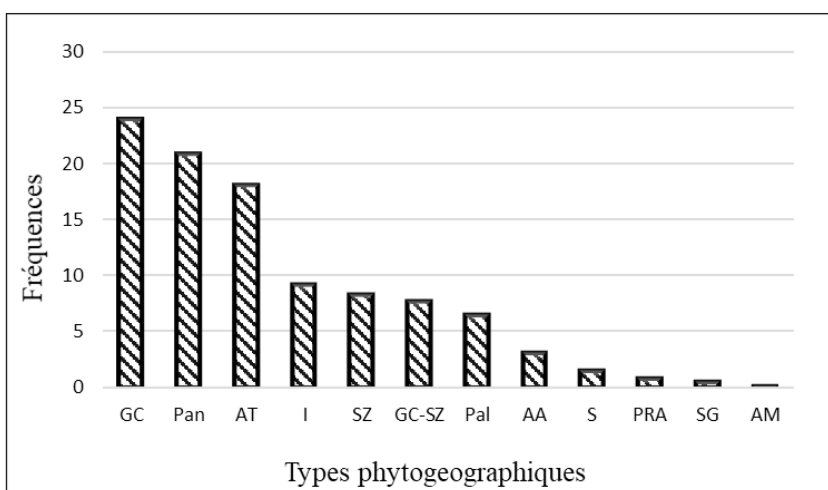


Figure 4 : Spectre des types phytogéographiques.

Figure 4 : Spectrum of phytogeographic types.

Légende:

GC : Guinéo-Congolaises, Pan : Pantropicales, AT : Afro-Tropicales, I : Introduites, SZ : Soudano -Zambéziennes, GC-SZ : Espèces qu'on retrouve dans les deux zones, Pal : Paléo-tropicales, AA : Afro-Américaines : Soudaniennes, PRA : Plurirégionale africaines, SG : Soudano-Guinéennes, AM : Afro-Malgache.

Description des groupements végétaux identifiés par l'AFC

Groupe 1 : Groupements à *Azadirachta indica* A. Juss et *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby.

Il réunit les îlots qui se développent sur les sols argileux, sur des terrains plats et rarement dans les fonds de vallée ou dans les dépressions. Ce groupement comporte 91 espèces réparties en 87 genres et 33 familles. Les espèces caractéristiques sont *Azadirachta indica*, *Senna siamea*, *Chromolaena odorata*, *Albizia zygia*, *Holarrhena floribunda*, *Tectona grandis*, *Mallotus oppositifolius* (Geisel) Mull. Arg. L'indice de Shannon est égal à $4,25 \pm 0,25$ bits. Cette dernière montre qu'il y a une codominance entre les différentes espèces du groupement et l'équitabilité de Pielou est de $0,94 \pm 0,25$ signifiant que la distribution des individus entre espèces est régulière. Il est largement dominé par les Fabaceae avec une proportion de 21,84 %. Celles-ci sont suivies par les Malvaceae (8,40 %), les Apocynaceae (6,72 %), les Asteraceae (6,30 %), les Euphorbiaceae (6,30 %) et les Meliaceae (5,88 %) qui sont moyennement représentées. Les Amaranthaceae, les Boraginaceae, les Caricaceae, les Salicaceae, les Asparagaceae, les Crassulaceae, les Irvingiaceae, les Loganiaceae et les Plantaginaceae sont les familles rares de ce groupement.

Les spectres biologiques (Fig. 7a) sont largement dominés par les microphanérophytes, les mésophanérophites et les nanophanérophites qui représentent respectivement 30,25 % ; 28,15 % et 15,97 % du spectre brut et 21,23 % ; 35,06 % et 23,95 % du spectre pondéré. Les autres types biologiques sont très peu représentés.

L'analyse des spectres phytogéographiques (Fig. 7b) montre une dominance des espèces guinéo-congolaise et pantropicales qui comptent respectivement 26,05 % et 18,48 % des spectres brut et 24,90 % et 30,80 % des spectres pondérés. Dans le cas des spectres bruts, elles sont suivies par les espèces afro-tropicales (16,80 %) et soudano-zambéziennes (10,50 %). Dans celui des spectres pondérés, par les espèces paléotropicales (16,23 %) et afro-tropicales (12,70 %). Les autres espèces sont très peu représentées.

Groupe 2 : Groupement à *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby et *Tectona grandis* L. f.

Ce groupement compte 112 espèces réparties en 95 genres et 39 familles. Il réunit des plantations au pourtour des habitats et des jachères se développant sur des sols argilo-sableux. Ces plantations se développent sur les terrains plats et rarement dans les dépressions. Les espèces caractéristiques de ce groupement sont : *Senna siamea*, *Tectona grandis*, *Sida acuta*, *Chromolaena odorata*, *Albizia zygia*, *Sporobolus pyramidalis* P.Beauv., *Tacazzea apiculata* Oliv., *Elaeis guineensis* Jacq., *Holarrhena floribunda* et *Senna hirsuta* (Lam) H.S.Irwin & Barneby. L'indice de Shannon et d'équitabilité de Pielou sont respectivement égal à $4,38 \pm 0,23$ bits et $0,93 \pm 0,31$. Ceci montre une distribution régulière entre les individus du groupement et une codominance des espèces de cette communauté. Avec près de 20 %, les Fabaceae sont plus représentées. Les Malvaceae, Euphorbiaceae, Apocynaceae, Amaranthaceae sont moyennement représentées. Les Verbenaceae, Menispermaceae, Gentianaceae, Connaraceae, et Salicaceae sont très rares. Elles subissent également une forte action anthropique. Le spectre brut est dominé par les nanophanérophites (27,41 %). Les mésophanérophites (19,31 %), microphanérophytes (17,70 %) et thérophytes (11,83 %) sont moyennement représentés. Dans le spectre pondéré, les nanophanérophites représentent (28,67 %) suivies des mésophanérophites et les microphanérophytes qui représentent respectivement 25,57 % et 14,81 %. Les autres types biologiques sont peu représentés. (Fig. 8a) Le spectre

phytogéographique brut est dominé par les espèces pantropicales (25,86 %), guinéo-congolaises (19 %), afro-tropicales (17,45 %). Elles sont suivies par les espèces introduites (11,52 %) témoignant le caractère anthropique du milieu. Dans le spectre pondéré, les espèces pantropicales dominent largement le groupe avec 35,56 % et sont suivies des espèces afro-tropicales (16,05 %) et guinéo-congolaises (15,21 %). Les espèces soudanaises, afro américaines et soudano-congolaises sont très rares du à l'inadéquation du milieu de vie pour ces dernières. (Figure 8b). Ces spectres attestent le caractère forestier du milieu et l'action anthropique qu'il subit.

Groupe 3 : Groupement à *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr. et à *Holarrhena floribunda* (G.Don). Durand et Schinz

Ce groupement représente les îlots de forêts claires développées sur des bas de versant où le sol est argileux et relativement profond. Les îlots de ce groupe se situent soit dans les bas de versant, soit dans les dépressions, mais rarement sur des terrains plats. Il compte 116 espèces réparties en 107 genres et 46 familles. Il est dominé par des espèces comme *Albizia zygia*, *Holarrhena floribunda*, *Chromolaena odorata*, *Momordica charantia*, *Senna siamea*, *Azadirachta indica*, *Delonix regia*, et *Antiaris africana*. La famille dominante est représentée par les Fabaceae (33,29 %). Les Malvaceae, les Asteraceae, les Apocynaceae, les Euphorbiaceae, et les Cucurbitaceae suivent alors que les familles comme les Ebenaceae, les Dioscoreaceae, les Cyperaceae, les Asphodelaceae sont presque inexistantes. L'indice de Shannon et d'équitabilité de Pielou sont respectivement $4,38 \pm 0,23$ bits et $0,92 \pm 0,23$ témoignant une codominance des espèces et une répartition équitable des individus de ce groupement. Les nanophanérophites (25,41 %) les microphanérophytes (25,20 %), et les mésophanérophites (25,20 %) dominent le spectre biologique brut. Le spectre pondéré est dominé respectivement par les mésophanérophites, les microphanérophytes, et les nanophanérophites avec des proportions de 28,86 %, 27,65 % et 19,80 % respectivement. Les autres types sont moins représentés mêmes dans le spectre pondéré (Fig. 9a). Sur le plan chorologique, ce sont les espèces guinéo-congolaises (29,54 %) qui sont les plus représentées suivies des espèces afro-tropicales et pantropicales (19,21 % et 15,70 % respectivement) suivant le spectre brut. Le spectre pondéré est dominé par les espèces guinéo-congolaises (30,5 %), et pantropicales (25,06 %). Les espèces afro-américaines, soudano-guinéennes et afro-malgaches sont très rares (Fig. 9b). Ces spectres confirment le caractère forestier de la formation malgré les actions anthropiques.

Groupe 4 : Groupement à *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin et à *Caesalpinia pulcherrima* L.

Le groupement 4 est un complexe plantation-jachère qui se développe sur le sol argilo-sableux sur des terrains plats ou dans des dépressions parfois. Les espèces caractéristiques du groupement sont : *Senna siamea*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Sida acuta*, *Momordica charantia*, *Albizia zygia*, *Elaeis guineensis*, *Chromolaena odorata*, *Azadirachta indica* et *Tectona grandis*. La richesse spécifique est de 105 espèces regroupées en 92 genres et 42 familles pour l'ensemble des 16 îlots. L'indice de Shannon et l'équitabilité de Pielou sont respectivement $4,28 \pm 0,24$ bits et $0,92 \pm 0,24$. Cela montre une grande variabilité d'espèces dans le groupe et une distribution équitable entre les individus. Les Fabaceae restent de loin la famille la plus dominante (22,41 %). Elle est suivie par les Malvaceae (10,61 %), les Asteraceae (10,25) et les Apocynaceae (7,37 %) qui sont moyennement représentées. Les Vitaceae, les Rutaceae, les Rubiaceae, les Plantaginaceae, les Menispermaceae, les Ebenaceae, les Commelinaceae, les

Cannaceae, les Nyctaginaceae, les Musaceae et les Connaraceae sont très rares. Le spectre biologique brut est dominé par les nanophanérophytes (32,15 %), les mésophanérophytes (22,42 %) et les microphanérophytes (17,99 %). Les plus représentés dans le spectre pondéré sont les nanophanérophytes (25,95 %), les microphanérophytes (23,31 %) et les mésophanérophytes (22,84 %). Les megaphanérophytes, les lianes nanophytes, les chaméphytes, les hydrophytes et les géophytes sont presque inexistantes (Fig. 10a). Le spectre phytogéographique brut est dominé par les espèces pantropicales (22,12 %), guinéo-congolaise (18,87 %), afro-tropicales (17,69 %) et introduites (16,22 %). Le spectre pondéré montre une large dominance des espèces pantropicales (39,85 %) suivie des espèces guinéo-congolaises (18,77 %), afro-tropicales (14,70 %) et introduites (11,89 %) qui sont moyennement représentées. Les espèces soudaniennes et afro-américaines sont très rares signifiant que le milieu jouit de loin d'un climat guinéen (Fig. 10b).

Indice de similarité de Sørensen

En fonction du nombre d'espèce commune, l'indice de similarité de Sørensen a été calculé à partir du logiciel CAP. Les résultats montrent que la similarité entre les groupements se situe entre 50% à 60%. La similarité maximale est observée entre les groupements G2 et G4 (65%) et la similarité minimale entre G1 et G4 (51%) suivis de G2 et G3 (55%). Cela signifie que ces groupements ont assez d'espèces en communs. La similarité entre G1 et G2 et entre G1 et G3 sont de 62%. L'affinité floristique de ces quatre groupements est dans tous les cas supérieurs à 50 %. Cela montre que chaque groupement individualisé constitue une unité relativement dépendante des autres. Aussi cela pourrait s'expliquer par la présence des mêmes espèces indigènes ainsi que le reboisement pratiquement uniforme en diversité spécifique dans la zone. En considérant les facteurs du déterminisme écologique on remarque que les groupements 2 et 4 sont floristiquement très proches et présente la même première espèce dominante et abondante. Ce rapprochement floristique est également confirmé par l'indice de similarité de Sørensen. Le degré de similarité entre les quatre groupements végétaux comparés deux à deux par l'indice de similarité de Sørensen est repris dans le tableau 1.

DISCUSSION

L'analyse floristique des relevés des différents îlots du BVK montre qu'il renferme un potentiel végétal non négligeable. L'inventaire a permis de recenser 193 espèces réparties en 170 genres et 55 familles. Cette diversité est comparable à celle de (Atakpama *et al.* 2017) dans la forêt communautaire d'Agbedougbe (188 espèces) et un peu supérieure au nombre d'espèces recensées dans la forêt classée d'Atakpamé (Dourma *et al.* 2017) (163 espèces). Par contre, elle est inférieure à celle de la forêt communautaire d'Amavenou (Atakpama *et al.* 2017) qui est de 264 espèces et très similaire aux résultats de Ganglo *et al.* (2015) qui a recensé 193 espèces au Bénin dans la forêt de Lama. Cette différence pourrait s'expliquer par les méthodologies adoptées, de la superficie totale explorée par chaque étude mais aussi une dégradation poussée dans le BVK pour des raisons agricoles. Cette dégradation est aggravée par un certain manque de volonté institutionnelle et surtout l'absence d'outils de gestion adéquat entraînant la disparition de certaines espèces et réduisant ainsi la densité des écosystèmes forestiers (Folega *et al.* 2014, Dourma *et al.* 2012)).

Les Fabaceae, famille dominante est une caractéristique des savanes guinéennes. Le même constat est fait par (Atakpama *et al.* 2017). La dominance des mésophanérophytes

(arbres moyens), naphanérophytes et microphanérophytes est un indicateur de la dégradation de la zone. Néanmoins, la présence des phanérophytes montre que les conditions du sol sont favorables pour un bon développement des espèces ligneuses (Mande *et al.* 2011). La présence des lianes, facteur de perturbation indique l'anthropisation du milieu et caractérise aussi un caractère forestier passé. Les géophytes, les chaméphytes et les thérophytes, indicateurs d'un milieu aride et semi-aride sont très peu représentés par rapport aux phanérophytes. Cela atteste le caractère humide du bassin versant de Klikpa. Un constat fait par (Atakpama *et al.* 2017) dans la préfecture d'Agou. La dominance d'*Albizia zygia* dans le groupement 3 et sa représentation dans les autres groupements s'explique par des reboisements intenses dans le but de la restauration forestière par des ONG comme le Centre de Recherche-action pour l'Environnement et le Développement (CREDI) et association comme l'Association Togolaise pour la Promotion Humaine (ATPH). Aussi la dominance de *Senna siamea* et d'*Azadirachta indica* s'explique par la volonté de la population de restaurer la nature par des plantes d'exploitation. La présence des espèces introduites qui représentent jusqu'à 9,17 % indiquerait sans doute une mutation et un enrichissement profond du cortège floristique originel de la zone (Folega *et al.* 2017). Aussi le milieu fait vraiment preuve des cultures et donc une anthropisation de la zone entraînant le recul du cortège végétal. La présence des espèces comme *Ananas comosus* L., *Cocos nucifera* L. en témoigne. La dominance des espèces guinéo-congolaises témoigne du climat guinéen que jouit la zone d'étude donc une zone favorable au développement d'une flore relativement hygrophile (Folega *et al.* 2017) car la forte proportion des espèces guinéennes dans le fond floristique d'une zone, est une preuve que cette zone appartient bien à la région guinéo-congolaise (Sonke 1998). Elle s'explique aussi par la présence d'un réseau hydrographique favorable au développement d'une flore relativement plus hydrophile alors que la faible proportion des espèces soudaniennes s'explique par l'humidité de la zone. Malgré les pressions anthropiques et les effets du changement climatique, le BVK garde son climat guinéen.

La distribution des espèces suivant leurs fréquences-abondances (fig. 5) suit une équation logarithmique d'équation $y = 0,0023x^2 - 0,0864x + 3,64$ avec un coefficient de corrélation très faible ($R^2 = 0,0404$). Cela pourrait s'expliquer par la dégradation très accentuée de la zone entraînant une mauvaise répartition des espèces. Elle atteste que *Bombax costatum* plleg. & Vuillet est l'espèce la plus abondante. Cela est dû certainement à sa grande taille, sa couverture foliaire et son éloignement des maisons. *Sida acuta*, *Albizia zygia*, *Chromolaena odorata* sont aussi bien fréquentes que abondantes. Cet état de *Chromolaena odorata* s'explique par son caractère envahissant des peuplements, celui de *Albizia zygia* est le résultat des efforts de reboisement intensif et la volonté de restauration des forêts dégradées et celui de *Sida acuta* peut s'expliquer par une grande fragmentation des îlots qui sont assez parsemés par les corridors favorisant ainsi son apparition. Elle démontre donc l'action anthropique et la dégradation de ces îlots forestiers. *Senna siamea*, *Azadirachta indica* et *Holarrhena floribunda* sont très fréquentes et faiblement abondantes. Cela atteste leur présence répétée dans les îlots, mais avec une faible couverture foliaire.

L'analyse factorielle des Correspondances (AFC) grâce au logiciel XLSTAT 2014 a permis de discriminer quatre groupements végétaux (Fig. 6) suivant l'axe des abscisses qui traduit un gradient d'humidité et l'axe des ordonnées qui traduit le gradient latitudinal. 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 canonicques, les axes ont exprimé 37,01% de la variance de la relation entre les espèces et les facteurs environnementaux 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 est couramment utilisée (Folega *et al.* 2014, Diwediga *et al.* 2015, Faraoun *et al.* 2016).

Dans cette étude, le nombre d'espèces moyen par groupement est de 91 à 116. Cependant ces groupements étudiés sont plus diversifiés que ceux des plantations forestières au sud du Bénin où la richesse spécifique se situe entre 27 et 38 (Ganglo 2005). Cette variabilité floristique élevée s'expliquerait par le caractère forestier passé, l'introduction de plusieurs espèces par les activités agricoles et la volonté de restauration de la biodiversité de la zone. *Senna siamea* est une espèce à indice de valeur d'importance élevé. Quel que soit le groupement, les espèces comme *Senna siamea*, *Chromolaena odorata*, *Tectona grandis*, *Albizia zygia* sont présentes avec un important IVI. À l'exception de *Chromolaena odorata*, la fréquence des autres espèces serait due à l'abondance des plantations dans la zone d'étude.

Le premier groupement à *Azadirachta indica* A. Juss et à *Chromolaena odorata* et le second groupement à *Senna siamea* (Lam) H.S.Irwin & Barneby et *Sida acuta* disposent d'une composition spécifique semblable. La prédominance des espèces envahissantes (*Chromolaena odorata*) et invasives (*Tectona grandis*, *Senna siamea*) indique une formation très anthropisée. Les espèces introduites dominent largement le cortège floristique. Le second groupement montre une végétation relativement mieux conservée nonobstant les traces des activités humaines comme le pâturage.

La florule du troisième groupement s'apparente au groupement des forêts denses (Atakpama *et al.* 2017) mais les espèces d'intérêts (*Albizia zygia*, *Holarrhena floribunda*)

qui peuvent être mis en contribution pour un quelconque aménagement se retrouvent au premier plan. Les autres espèces introduites et envahissantes sont placées au second niveau.

La flore du quatrième groupement est presque la même que celle des deux premiers groupements avec une forte dominance des espèces exotiques.

L'indice de diversité de Shannon est très élevé dans tous les groupements. Cela peut être dû à une représentativité équitable des espèces de chacun de ces groupements. Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou sont très élevées et proches de 1 dans presque tous les groupements. Cela indique que les espèces échantillonnées ont des abondances relatives voisines les unes des autres et donc ont une répartition équitable. Les valeurs de ces deux indices (Shannon et Pielou) relativement plus élevées montrent que malgré la pression anthropique quelques reliques de peuplement forestier existent jusqu'à présent. Ces résultats corroborent les études en forêt classée de Niangoloko au Burkina Faso et des forêts claires à *Isoberlinia* au Togo (Ouôba *et al.* 2006, Dourma *et al.* 2012) contrairement à ceux aux faibles indices signalés dans les groupements homologues au Bénin (Sinsin, 2001, Akoègninou & Lisowski 2004). La similarité moyenne entre les groupements montre que ces différents groupements se ressemblent. La similarité entre G1 et G4 est plus faible que les autres car ils présentent moins d'espèces communes qu'eux. La similarité légèrement élevée entre G2 et G4 montre que ces groupements possèdent plus d'espèces communes. Cela peut également s'expliquer par le fait qu'ils possèdent assez d'espèces ayant les mêmes indices de valeur d'importance. Entre tous les groupements, la similarité est supérieure à 50 %, ce qui indique qu'au niveau de la flore les quatre groupements sont plus ou moins semblables. Ce résultat est contraire à ceux de (N'da *et al.* 2008) dans le parc national de Marahoué au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire où l'indice de similitude de Sørensen est inférieur à 50 % démontrant que ces formations végétales étaient différentes les unes des autres sur le plan floristique.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des caractéristiques floristiques des différents groupements.

Table 2 : Summary table of the floristic characteristics of the different groupings.

Groupements	RS	H (bits)	E	Espèces caractéristiques
G1 : Groupements à <i>Azadirachta indica</i> A. Juss et à <i>Chromolaena odorata</i> (L) R.M. King	91	4,25 ± 0,25	0,94 ± 0,25	<i>A. indica</i> , <i>S. siamea</i> , <i>C. odorata</i> , <i>A. zygia</i> , <i>H. floribunda</i> , <i>T. grandis</i> , <i>M. oppositifolius</i>
G2 : Groupement à <i>Senna siamea</i> (Lam) H.S.Irwin & Barneby et <i>Sida acuta</i> Burm.f.	112	4,38 ± 0,23	0,93 ± 0,31	<i>S. siamea</i> , <i>T. grandis</i> , <i>S. acuta</i> , <i>C. odorata</i> , <i>A. zygia</i> , <i>S. pyramidalis</i> , <i>T. apiculata</i> , <i>E. guineensis</i> , <i>H. floribunda</i> , <i>S. hirsuta</i>
G3 : Groupement à <i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr. et à <i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King	116	4,38 ± 0,23	0,92 ± 0,23	<i>A. zygia</i> , <i>H. floribunda</i> , <i>C. odorata</i> , <i>M. charantia</i> , <i>S. siamea</i> , <i>A. indica</i> , <i>D. regia</i> , <i>A. africana</i>
G4 : à <i>Senna siamea</i> (Lam) H.S.Irwin & Barneby et <i>Momordica charantia</i> L.	105	4,28 ± 0,24	0,92 ± 0,24	<i>S. siamea</i> , <i>C. pulcherima</i> , <i>M. charantia</i> , <i>A. zygia</i> , <i>E. guineensis</i> , <i>S. acuta</i> , <i>C. odorata</i> , <i>A. indica</i> , <i>T. grandis</i>

Rs : Richesse spécifique, H' : Indice de Shanon (bits), E : Équitabilité de piélou

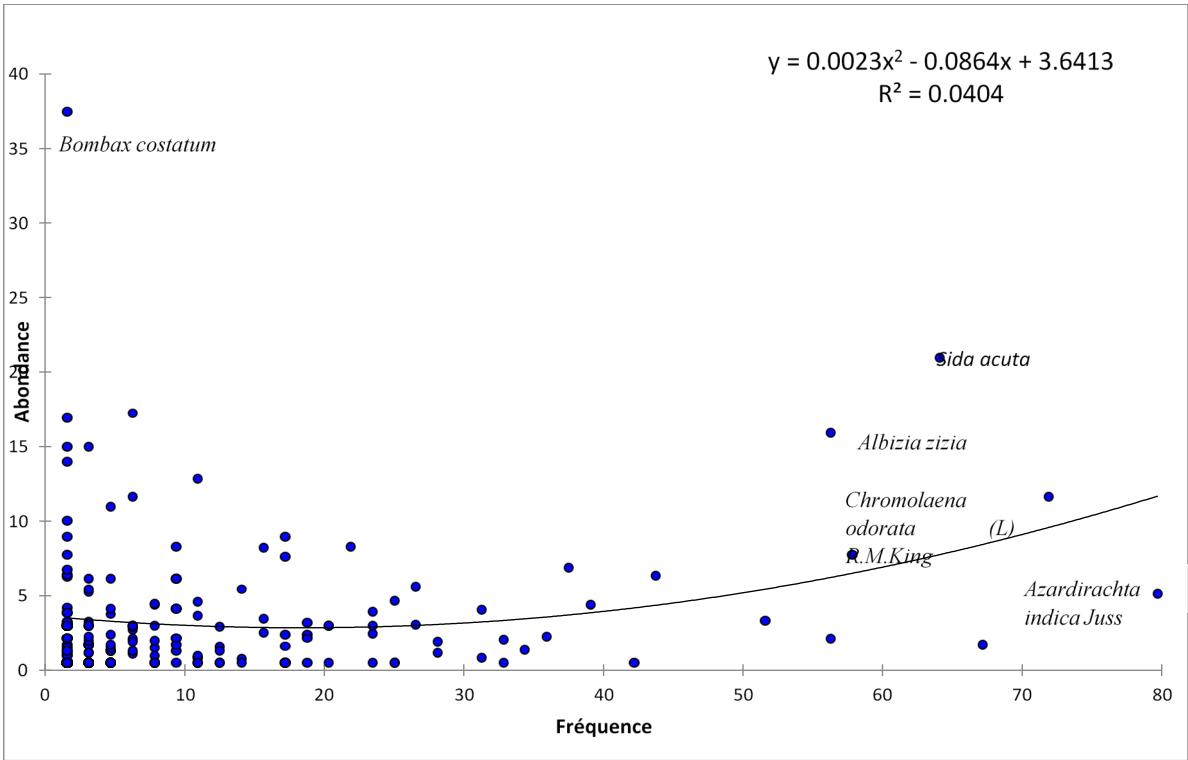


Figure 5 : Courbe abondance-fréquence.
Figure 5 : Abundance-frequency curve.

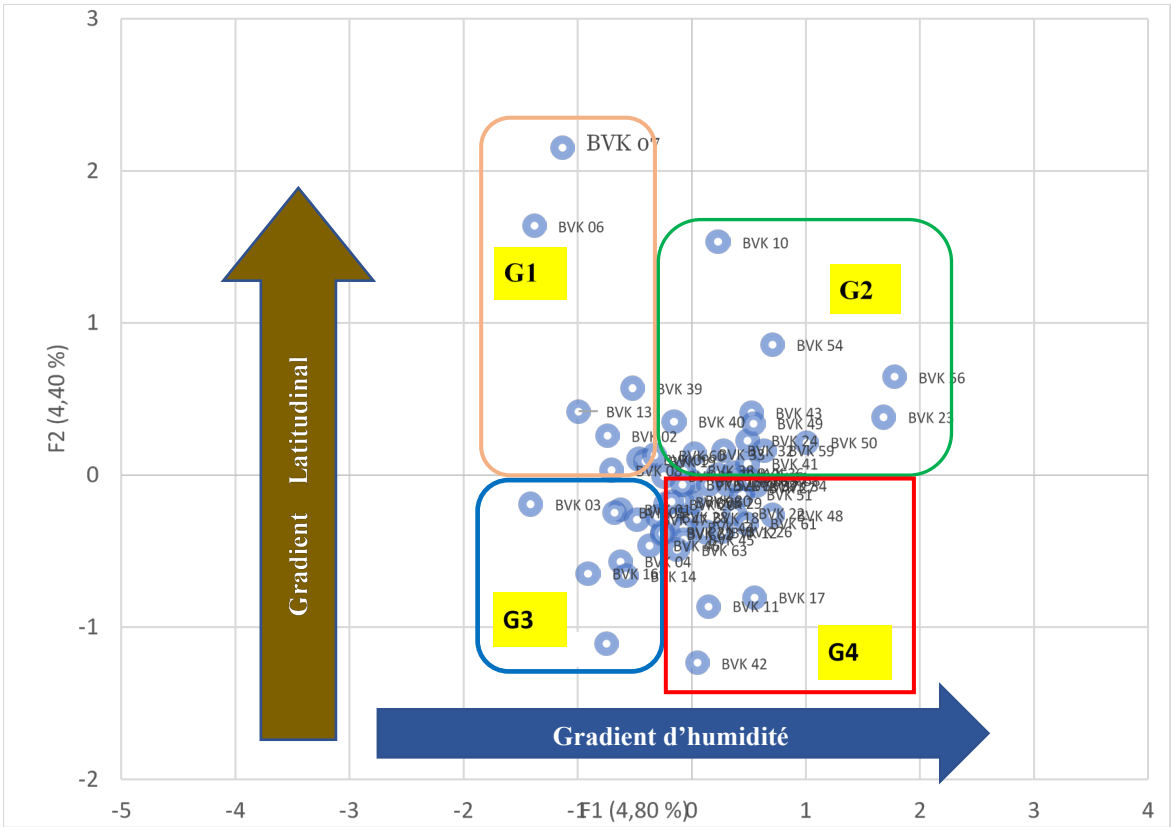


Figure 6 : Illustration de la discrimination des relevés.
Figure 6 : Illustration of survey discrimination.

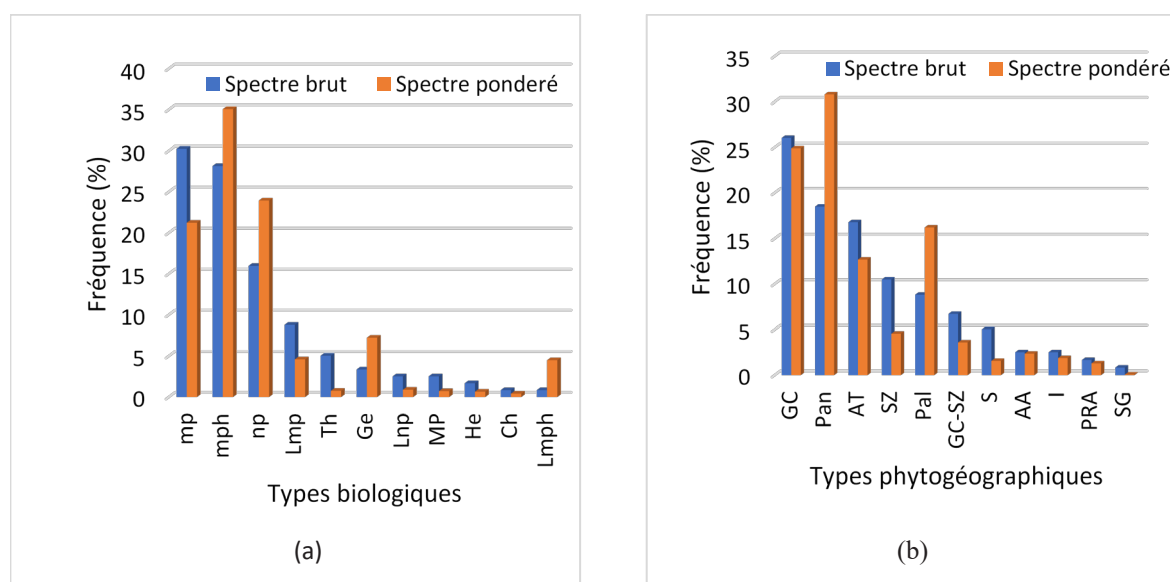


Figure 7 : Spectres des types biologiques et phytogéographiques du groupement 1.

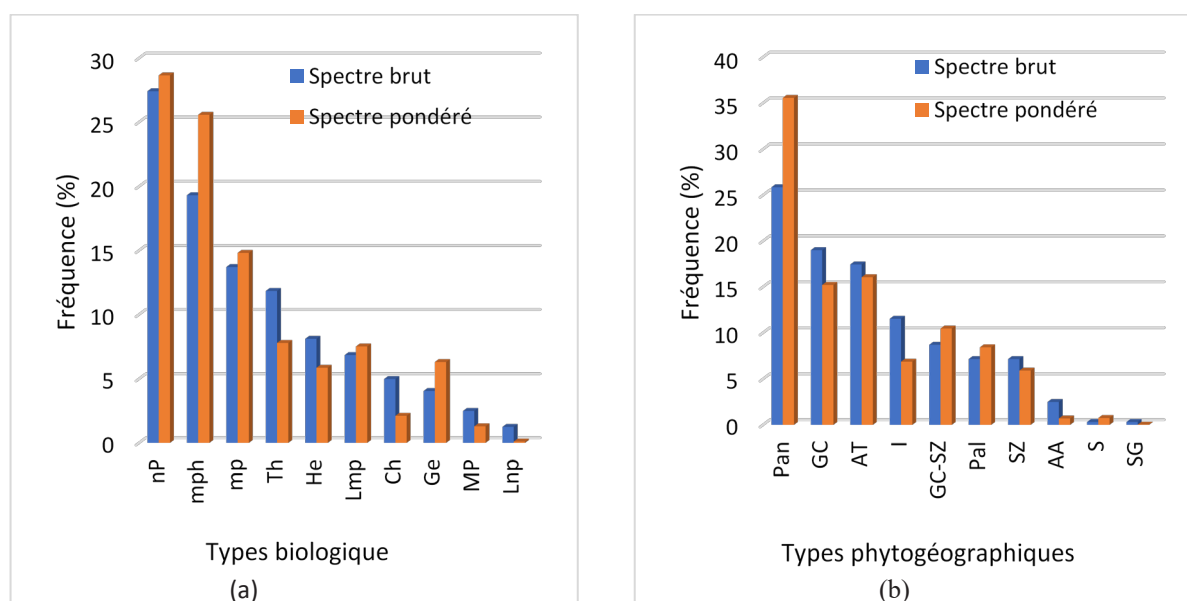
Figure 7 : Spectra of biological and phytogeographical types in cluster 1.

Figure 8 : Spectres des types biologiques et phytogéographiques du groupement 2.

Figure 8 : Spectra of biological and phytogeographical types in cluster 2.

CONCLUSION

La présente étude a permis de mettre en évidence la richesse spécifique du BVK ainsi que les différents groupements possibles dans la zone d'étude. Il a été recensé 193 espèces réparties en 170 genres et 55 familles. Les familles les plus représentées sont les Fabaceae (20,08 %), les Malvaceae (9,17 %), Asteraceae (6,93 %), les Apocynaceae (6,57 %), Euphorbiaceae (5,92 %). 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 anthropique sur les écosystèmes forestiers de la zone contribuant au changement de la physionomie forestière. En effet la richesse spécifique de la zone montre une régression des espèces indigènes au profit d'espèces exotiques. Ainsi il ressort que les formations naturelles ont régressé au profit des

formations anthropiques. Cependant les valeurs des indices de Shannon et de Pielou portent à croire que la zone n'est totalement dégradée. Ainsi une volonté politique s'avère indispensable afin de restaurer les îlots forestiers du BVK car ces formations forestières sont censées contribuer efficacement à l'atténuation des effets des changements climatiques d'où la nécessité d'un suivi permanent et rigoureux de ces écosystèmes. Il est donc nécessaire que les recherches se poursuivent dans la même zone et sur divers aspects pour mieux contribuer à la sauvegarde de ces différents îlots existant encore. Aussi il est important de sensibiliser tous les acteurs clés sur l'importance des forêts dans l'atténuation des changements climatiques, faire la promotion de l'agroforesterie et valoriser les produits forestiers non ligneux de la zone afin de réduire l'épuisement des terres et l'exploitation excessive du bois-énergie et enfin faire un schéma d'aménagement prévisionnel de l'ensemble des îlots de la zone d'ici l'horizon 2050.

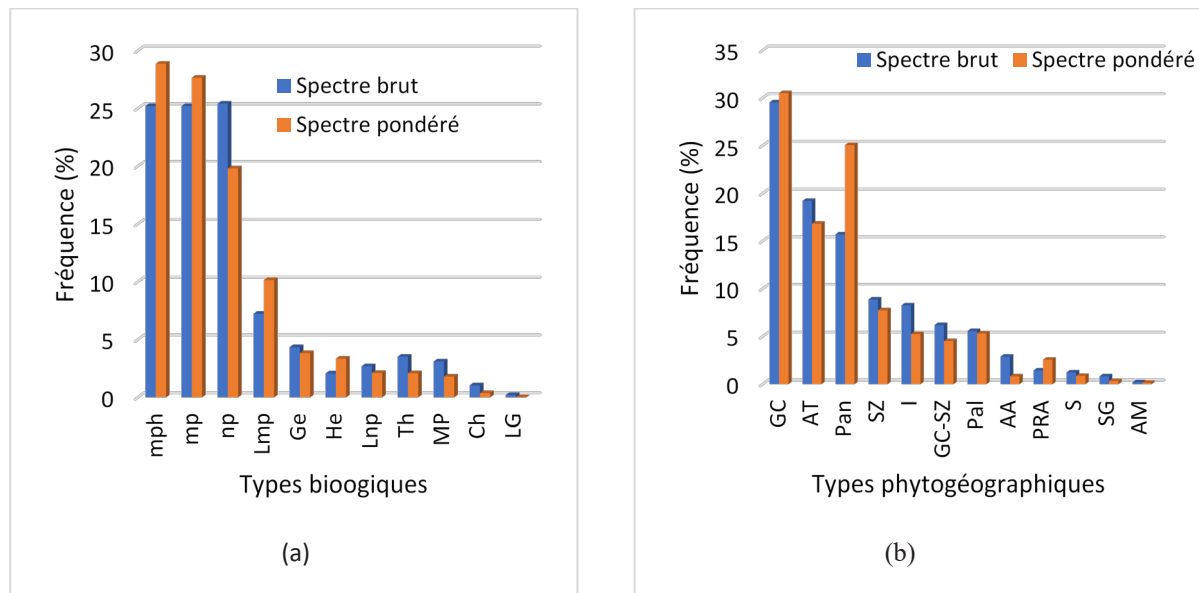


Figure 9 : Spectres des types biologiques et phytogéographiques du groupement 3.

Figure 9 : Spectra of biological and phytogeographical types in cluster 3.

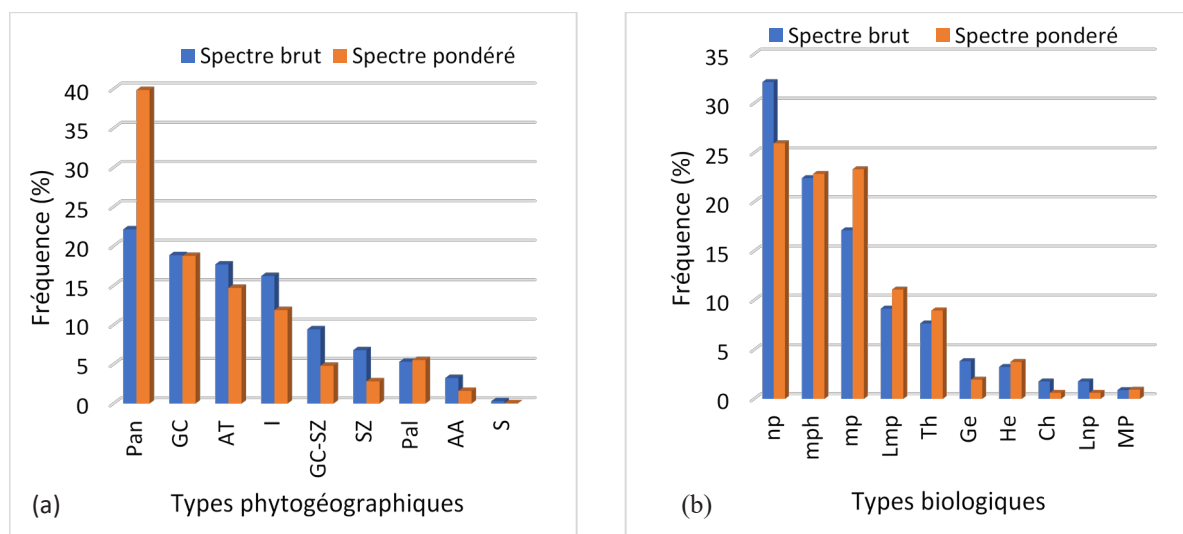


Figure 10 : Spectres des types biologiques et phytogéographiques du groupement 4.

Figure 10: Spectra of biological and phytogeographical types in cluster 4.

Remerciement

Les auteurs de cet article remercient tous les enseignants chercheurs du Laboratoire de Botanique et Écologie Végétal de l'Institut scientifique, Université Mohamed V de Rabat.

Références bibliographiques

- Adjonou K., Djiwa O., Kombate Y. *et al.* 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, 168-183.
- Akoègninou A. & Lisowski S. 2004. Notulae florae beninensis 2. Un *Ipomoea* (Convolvulaceae) nouveau et un *Thunbergia* (Acanthaceae) nouveau du Bénin. *Systematics and Geography of Plants*, 337-340.

Akpagana K., Guelly K.A. & Agodé K. 1994. Espèces d'Angiospermes nouvelles pour la flore du Togo. *Acta botanica gallica*, 141, 781-787.

APG III. 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., Azo A.K. *et al.* 2017. Cartographie, diversité et structure démographique de la forêt communautaire d'Amavenou dans la préfecture d'Agou au Togo. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, 6, 59-82.

Biaou S., Houeto F., Gouwakinnou G. *et al.* 2019. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin. In : *Conférence*

- OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique* Mar 2019, Cotonou, Bénin. hal-02189367.
- Braun-Blanquet J. 1932. Plant sociology. The study of plant communities. Plant sociology. The study of plant communities. First ed.
- Byron R.N. & Sayer J.A. 2020. Broadening ambition of forest policies: the Spears legacy. *International Forestry Review*, 22, 9–16.
- Descoings B. 1970. Les flores régionales méthodologie de l'inventaire floristique. *Naturalia Monspeliensia*, 21, 51–73.
- Diwediga B., Wala K., Folega F. *et al.* 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. *et al.* 2012. La flore des forêts claires à *Isobrerlinia spp.* en zone soudanienne au Togo. Titre courant: Flore des forêts claires à *Isobrerlinia*. *Acta botanica gallica*, 159, 395–409.
- Dourma M., Souou E., Amana E.K. *et al.* 2017. La forêt classée d'Atakpamé : diversité, typologie, séquestration de carbone et activités anthropiques. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19, 29–45.
- Ern H. 1979. Die vegetation togos. gliederung, gefährdung, erhaltung. *Willdenowia*, 295–312.
- Faraoun F., Bouzidi M.A., Attaoui I. *et al.* 2016. Caractérisation des formations végétales à *Ampelodesmos mauritanicus* (Poir.) D. & S. sur Djebel Tessala, Algérie occidentale. *Afrique Science*, 12, 326–335.
- Folahan S.O., Dissou E.F., Akouehou G.S. *et al.* 2018. Ecologie et structure des groupements végétaux des écosystèmes de la Lama au Sud-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12, 322–340.
- Folega F., Zhang C.Y., Woegan Y.A. *et al.* 2014. Structure and ecology of forest plant community in Togo. *Journal of Tropical Forest Science*, 26, 225–239.
- Folega F., Atakpama W., Pereki H. *et al.* 2017. Potentialités écologiques et socio-économiques de la forêt communautaire d'agbedougbe (région des Plateaux-Togo). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19, 31–49.
- Folega F., Wala K., Woegan A.Y. *et al.* 2018. Flore et communautés végétales des inselbergs du Sud-Est du Togo. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, 1–21.
- Houngpèvi A., Yévidé, A.S.I., Ganglo, J.C. *et al.* 2011. Structure et écologie de la forêt à *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC. et à *Dialium guineense* Willd. de la réserve de Massi (La Lama), Bénin. *Bois & forêts des tropiques*, 308, 33–46.
- Kent M. & Coker P. 1992. Vegetation description: a practical approach.
- Kokou K. & Sokpon N. 2006. Les forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois & Forêts des Tropiques*, 288, 15–23.
- Kokou K., Adjossou K. & Hamberger K. 2005. Les forêts sacrées de l'aire Ouatchi au sud-est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 6.
- Kokou K., Atato A., Bellefontaine R. *et al.* 2006. Diversité des forêts denses sèches du Togo (Afrique de l'Ouest). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 61, 225–246.
- Lévêque P. 1969. Emploi des traceurs radioactifs naturels et artificiels en hydrologie souterraine. *La Houille Blanche*, 833–848.
- Magurran A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. *Princeton university press*.
- Magurran A.E. & Ramnarine I.W. 2004. Learned mate recognition and reproductive isolation in guppies. *Animal Behaviour*, 67, 1077–1082.
- Mande S-L. A-S., Liu M., Folega F. *et al.* 2011. A Comparative Study of Adsorption of Cr (VI) from Water by Commercial Absorbent and by Activated Carbons Prepared from Agriculture Wastes. *Energy Procedia*, 2587–2593.
- N'da D.H., Adou Y.C.Y., N'GUESSAN E. *et al.* 2008. Analyse de la diversité floristique du parc de la Marahoué, centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 04(3), 552–579.
- Ouôba P., Lykke A.M., Boussim J. *et al.* 2006. La flore médicinale de la forêt classée de Niangoloko (Burkina Faso). *Études sur la Flore et la Végétation du Burkina Faso et des pays environnants*, 10, 5–12.
- Pauwels R.A., Löfdahl C.-G., Laitinen L.A. *et al.* 1999. Long-term treatment with inhaled budesonide in persons with mild chronic obstructive pulmonary disease who continue smoking. *New England Journal of Medicine*, 340, 1948–1953.
- Polo-Akpisso A., Wala K., Ouattara S. *et al.* 2016. Changes in land cover categories within Oti-Kéran-Mandouri (OKM) complex in Togo (West Africa) between 1987 and 2013. In: *Implementing Climate Change Adaptation in Cities and Communities*, Springer, 3–21.
- Polo-Akpisso A., Wala K., Ouattara S. *et al.* 2015. Plant Species Characteristics and Woody Plant Community Types within the Historical Range of Savannah Elephant, *Loxodonta africana* Blumenbach 1797 in Northern Togo (West Africa). *Annual Research & Review in Biology*, 283–299.
- 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*.

- Sinsin A.B. 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au Nord-Bénin.
- Sinsin, B. 2001. Formes de vie et diversité spécifique des associations de forêts claires du nord du Bénin. *Systematics and Geography of Plants*, 873–888.
- Sonke B. & Lejoly J. 1998. Biodiversity study in Dja fauna reserve (Cameroon): using the transect method. In: Huxley C.R., Lock J.M. and Cutler D.F. (eds), *Chorology, Taxonomy and Ecology of the Floras of Africa and Madagascar. Royal Botanic Gardens, Kew, UK*, 171–179.
- Thiombiano A., Glèlè Kakaï R., Bayen P. *et al.* 2016. Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques*, 15–31.
- Tobith, C. & Cuny, P. 2006. Genre et foresterie communautaire au Cameroun. Quelles perspectives pour les femmes ? *Bois et Forêts des Tropiques*, 289, 17–26.
- Van Laar A. & Akça A. 2007. Forest mensuration. *Springer Science & Business Media*.
- White J.G., Southgate E., Thomson J.N. *et al.* 1986. The structure of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 314, 1–340.
- Woegan Y.A. 2011. Diversité des formations végétales ligneuses du Parc national de Fazao-Malfakassa et de la réserve d'Aledjo (Togo). *Acta Botanica Gallica*, 158, 445–449.

Manuscrit reçu le 11/07/2022

Version révisée acceptée le 25/05/2023

Version finale reçue le 26/05/2023

Mise en ligne le 26/05/2023