

Diversité et structure des habitats de *Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC (Meliaceae), une espèce menacée dans les écosystèmes forestiers humides du Togo

Habitat diversity and structure of Entandrophragma angolense (Welw.) C. DC (Meliaceae), endangered species in the humid forest ecosystems of Togo

Abalo ATATO^{1,2*}, Mèmbassolim SOGO^{1,2}

1. Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Faculté des Sciences et Techniques (FaST), Université de Kara, Togo. aatatoa@gmail.com.

2. Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale, Département de Botanique, Faculté des Sciences, Université de Lomé, 01 BP 1515, Lomé, Togo.

Résumé. Les espèces du genre *Entandrophragma*, de la famille des Meliaceae, bien connues en Afrique pour leur précieux bois commercialisé sont aujourd'hui menacées de disparition. Au Togo, l'aire de refuge de *Entandrophragma angolense* ne cesse de régresser. Cette étude vise à disposer des données sur cette espèce afin de contribuer à sa sauvegarde et à sa promotion. Pour cela, des inventaires floristiques orientés par la présence de l'espèce ont été entrepris dans 87 placeaux de 50 m x 50 m dans sa zone d'occurrence du Togo afin de déterminer la distribution, la diversité floristique et la structure des formations de cette espèce. Les résultats indiquent que l'espèce se trouve uniquement dans des zones difficilement accessibles ou est préservée dans les champs jusqu'à ce qu'elle atteigne le diamètre requis pour l'exploitation. Quelques rares jeunes pieds sont présents dans des jachères. Au total, 251 espèces appartenant à 199 genres et 73 familles ont été recensées dans cinq groupements végétaux discriminés par la classification hiérarchique ascendante. Les familles les plus représentées sont les Fabaceae, Malvaceae, Moraceae, Meliaceae et Rubiaceae. Les caractéristiques structurales de chaque groupement montrent une prédominance des individus jeunes indiquant de fortes pressions sur cette espèce. Pour sauvegarder cette espèce, des programmes de sensibilisation et de reboisement doivent être entrepris sur la base de ces résultats afin de protéger son biotope qui est la forêt dense humide.

Mots clés : Inventaires ; sauvegarde ; Litimé ; Meliaceae ; *Entandrophragma angolense*.

Abstract. Species of the *Entandrophragma* genus, from the Meliaceae family, well-known in Africa for their precious commercial wood, are now threatened with extinction. In Togo, the range of *Entandrophragma angolense* is declining. The aim of this study is to collect data on this species in order to help safeguard and promote it. To this end, inventories based on the presence of the species were carried out in 87 50 m x 50 m plots in its area of occurrence in Togo in order to determine the distribution, floristic diversity and structure of the formations of the species. The results show that the species is only found in areas that are difficult to access, or spared in fields to be exploited once the exploitation diameter has been reached. A few rare young plants are found in fallow land. A total of 251 species belonging to 199 genera and 73 families were recorded in the five plant groupings identified by the ascending hierarchical classification. The most represented families are Fabaceae, Malvaceae, Moraceae, Meliaceae and Rubiaceae. The structural characteristics of each grouping show a predominance of young individuals, indicating strong pressure on this species. To safeguard this species, awareness-raising and reforestation programmes need to be undertaken on the basis of these results in order to protect its biotope, which is the dense rainforest.

Keywords: inventories ; Sauvegarde ; Litimé ; Meliaceae ; *Entandrophragma angolense*.

Abridged English version

Species of the *Entandrophragma* genus, in the Meliaceae family, which are well known in Africa for their valuable commercial timber, are now threatened with extinction. In Togo, the area of refuge of *Entandrophragma angolense* continues to decline. Togo is a country on the Gulf of Guinea, with a surface area of 56.600 km². It is bordered to the north by Burkina Faso, to the south by the Atlantic Ocean, to the east by Benin and to the west by Ghana. Togo lies in the Dahomey corridor or Dahomey gap, which is an interruption of the West African forest (Ern 1979) and is subdivided into five ecological zones (White 2001). Ecological Zone IV forms the framework for this study. It is a polygonal area stretching between latitudes 6°15 and 8°20 and longitudes 0°30 and 1°, with a transitional sub-equatorial climate with four seasons and average rainfall varying between 1.300 and 1.500 mm/year (Fig.2). With an area of around 65,000 ha, Ecological Zone IV corresponds to the southern part of the

Atacora chain and includes the Litimé and Ahlon plains and the Akébou, Akposso, Dayes and Kloto plateaux (Akpagana 1989). This zone presents a diversity of plant formations and corresponds to the domain of dense semi-deciduous forests (Ern 1979). There are *Celtis* forests and *Terminalia* superba forests, the undergrowth of which is almost entirely occupied by cash crops (coffee and cocoa). There are also large tracts of Guinean savannah which Brunel (1984) describes as mountain savannah (Guelly 1994).

In order to help safeguard and promote the species, investigations were carried out in its area of occurrence to obtain up-to-date data. Floristic data was collected in 2020 on the basis of sampling based on the presence of the species in 50 m x 50 m square plots, i.e. a surface area of 2.500m², following an exploratory field phase carried out in 2019, which enabled the inventory sites to be located using a GPS (Global Positioning System). All the species present in each plot were recorded and assigned an abundance/dominance coefficient

using the Braun-Blanquet scale (Akpagana 1989, Sinsin 1993). To analyse the demographic structure of *E. angolense* formations, the dendrometric parameters of total height, bole height (determined by visual scoring) and diameter at 1.30 m from the ground based on the measurement of their circumference (using a tape measure) were recorded for tree stems with a diameter at breast height greater than or equal to 10 cm (dbh $\geq$ 10 cm). All stems with a diameter of less than 10 cm are considered as potential regeneration. Thus, within the plots previously installed, natural regeneration was studied in three (3) sub-plots of 5 m $\times$ 5 m installed diagonally. Species not identified in the field were sampled, placed in herbariums and subsequently identified in the herbarium of the Department of Botany at the University of Lomé. Reference documents such as the analytical flora of Togo (Brunel 1984) and the flora of Benin (Akoëgninou 2006) were used and adapted according to the recommendations of the Angiosperm Phylogeny Group (APG III 2009).

The various data processing operations made it possible to

- map the spatial distribution of *E. angolense* individuals in the plant formations surveyed throughout Togo's Ecological Zone IV using QGIS software, based on the geographical coordinates of each *E. angolense* plant ;

- to discriminate between groups of phytosociological surveys by means of an ascending hierarchical classification using the Ward's method and the Community Analysis Package 2.18 software.

- determine the species richness (R_s), Shannon's diversity indices (H') and Pielou's equitability (E) (Sogo *et al.* 2022b, Magurran 1988) by calculating which are generally used to study floristic diversity within a tropical plant formation.

- calculate dendrometric parameters such as density (D stem/ha), basal area (G), mean diameter D_m (cm) and mean Lorey height (HL)

- to define the distribution of *E. angolense* diameter and height classes in the various groups established on the basis of the analysis of the indicator value using Excel and Minitab 18 software used for the horizontal and vertical classification of woody plants.

The results obtained show that the species is only found in areas that are difficult to access or in fields where it is spared to be exploited once the exploitation diameter has been reached. A few rare young plants are found in fallow land. A total of 251 species belonging to 199 genera and 73 families were recorded in the five plant groupings identified by the ascending hierarchical classification. The most represented families are Fabaceae, Malvaceae, Moraceae, Meliaceae and Rubiaceae. The structural characteristics of each grouping show a predominance of young individuals, indicating strong pressure on this species. To safeguard this species, awareness-raising and reforestation programmes need to be undertaken on the basis of these results in order to protect its biotope, which is the dense rainforest.

INTRODUCTION

Les écosystèmes forestiers sont une composante essentielle de la biodiversité mondiale, car de nombreuses forêts disposent d'une biodiversité plus importante que les autres écosystèmes (FAO 2020). Selon la FRA (Évaluation des ressources forestières mondiales), les forêts occupent actuellement 30,8% de la superficie terrestre mondiale (FAO et PNUE 2020). La superficie totale des forêts est de 4,06 milliards d'hectares, soit environ 0,5 ha par personne (FAO 2020). Malheureusement, selon cette même organisation en 2020, la proportion de la surface émergée totale occupée par des zones forestières, a diminué, passant de 32,5% à 30,8% au cours des trois décennies écoulées entre 1990 et 2020. L'Afrique héberge près d'un cinquième (soit 17%) des forêts du monde (IPBES 2019). Ces écosystèmes forestiers sont indispensables au maintien de la vie sur Terre (IPBES 2019) et revêtent une importance particulière pour le continent africain dont la majorité de la population est rurale. Cependant les activités notamment l'agriculture, l'exploitation industrielle représentent les causes principales de déforestation en Afrique et menacent l'existence des écosystèmes forestiers du continent. L'exploitation industrielle des forêts est à l'origine des menaces qui pèsent sur les essences de bois d'œuvre (FAO & PNUE 2020). Les espèces du genre *Entandrophragma* comptent parmi les espèces de bois d'œuvre les plus appréciées et les plus exploitées en Afrique centrale et représente plus de 70% du volume total des exportations de nombreux pays (Monthe 2018). Aujourd'hui, *E. angolense* est classée vulnérable selon la liste rouge de l'UICN (Adjossou 2009). Au Togo, l'espèce figure dans la liste rouge nationale et parmi les espèces commerciales de première classe inféodées aux reliques forestières de la zone montagneuse subhumide du Togo (Adjossou 2009). Dans cette zone forestière du Togo tout comme en Afrique occidentale et centrale, les plantations de café, de cacao, de palmier à huile et d'autres cultures

arboricoles commerciales (avocatier, banane, etc.), remplacent progressivement les formations forestières naturelles (FAO 2018, Fleshman 2008). Ce changement d'affectation des terres est exacerbé par l'exploitation de bois, notamment de ces espèces ligneuses à grande valeur économique comme *E. angolense*. La conservation et la restauration de ces écosystèmes forestiers dégradés devant se faire avec les espèces locales (Guelly 2011), la promotion de ces espèces passe non seulement par une meilleure connaissance de leur sylviculture (Sogo *et al.* 2022a, Sogo *et al.* 2021, Sogo *et al.* 2017), de leurs usages (Sogo *et al.* 2022b, Sogo *et al.* 2022a) mais aussi par un état des lieux de leur conservation (Kasongo *et al.* 2021 et 2018, Monthe *et al.* 2018). La présente étude est une contribution à la conservation et à la gestion durable de *E. angolense*. Elle s'inscrit dans un contexte sous régionale où les travaux sur la conservation des forêts humides sont en plein essor. Les objectifs spécifiques poursuivis sont :

- déterminer la diversité des habitats de *E. angolense* dans la zone écologique IV du Togo, sa zone d'occurrence naturelle ;

- caractériser la dynamique actuelle de *E. angolense* en analysant la structure démographique de ses populations dans la zone.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

Le Togo est un pays du Golfe de Guinée ; avec une superficie de 56 600 km². Il est limité au nord par le Burkina Faso, au sud par l'Océan Atlantique, à l'est par le Bénin et à l'ouest par le Ghana. Le Togo se situe dans le couloir du Dahomey ou Dahomey gap, qui est une interruption de la forêt ouest africaine (Ern 1979) et est subdivisé en cinq zones écologiques (White 2001). La zone écologique IV constitue le cadre de cette étude. C'est un territoire de forme polygonale qui s'étire entre les latitudes 6°15 et 8°20 et les longitudes

0°30' et 1° (Fig. 1) et qui jouit d'un climat subéquatorial de transition avec une moyenne des précipitations variant entre 1 300 et 1 500 mm/an (Fig. 2). Avec une superficie qui avoisine 65 000 ha, la zone écologique IV correspond à la partie méridionale de la chaîne d'Atacora et regroupe les plaines du Litimé et d'Aholon, les plateaux Akébou, Akposso, Dayes et Kloto (Akpagana 1989). Cette zone présente une diversité de formations végétales et correspond au domaine de forêts denses semi-décidues (Ern 1979). On distingue des forêts à *Celtis* et des forêts à *Terminalia superba*, le sous-bois de ces forêts est occupé presque totalement par des cultures de rente (caféiers et cacaoyers). On y rencontre également de grandes étendues de savanes guinéennes que (Brunel 1984) qualifie de savanes de montagnes (Guelly 1994).

Collecte des données floristiques

Une phase exploratoire de terrain, réalisée en 2019, a permis de localiser les sites d'inventaire à l'aide d'un GPS (Global Positioning System). La collecte des données floristiques s'est effectuée en 2020 sur la base d'un échantillonnage orienté par la présence de l'espèce dans des placeaux carrés de 50 m x 50 m, soit 2500 m² de superficie. Ces dimensions sont plus

adaptées aux types de formations végétales abritant l'espèce et conformes à celles adoptées par d'autres investigations scientifiques dans la région (Issa 2018, Adjossou 2009). Les coordonnées géographiques des placeaux d'inventaire sont enregistrées. Dans chaque placette toutes les espèces présentes ont été relevées et affectées d'un coefficient d'abondance/dominance suivant l'échelle de Braun-Blanquet (Akpagana 1989, Sinsin 1993). Pour analyser la structure démographique des formations à *E. angolense*, les paramètres dendrométriques de hauteur totale, de hauteur fût (faite par cotation visuelle) et de diamètre à 1,30 m du sol à partir de la mesure de leur circonférence (à l'aide d'un mètre ruban) sont relevés pour les tiges d'arbres à diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égal à 10 cm (dbh ≥ 10 cm). Toutes les tiges de diamètre inférieur à 10 cm sont considérées dans la régénération potentielle. Ainsi, au sein des placeaux précédemment installés s'est faite l'étude de la régénération naturelle dans trois (3) sous placettes de 5 m x 5 m installées diagonalement. Les espèces non identifiées sur le terrain sont échantillonnées, mises en herbier et par la suite identifiées dans l'herbarium du Département de botanique à l'Université de Lomé. Les documents de références tels que la flore analytique

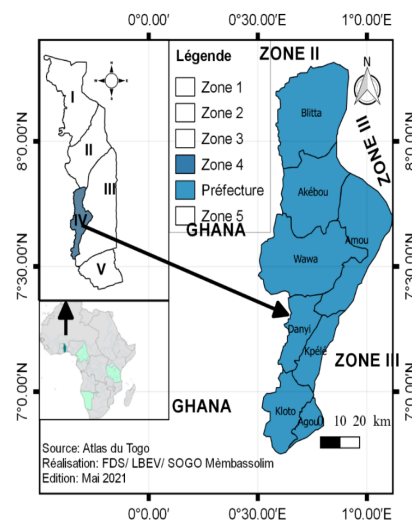
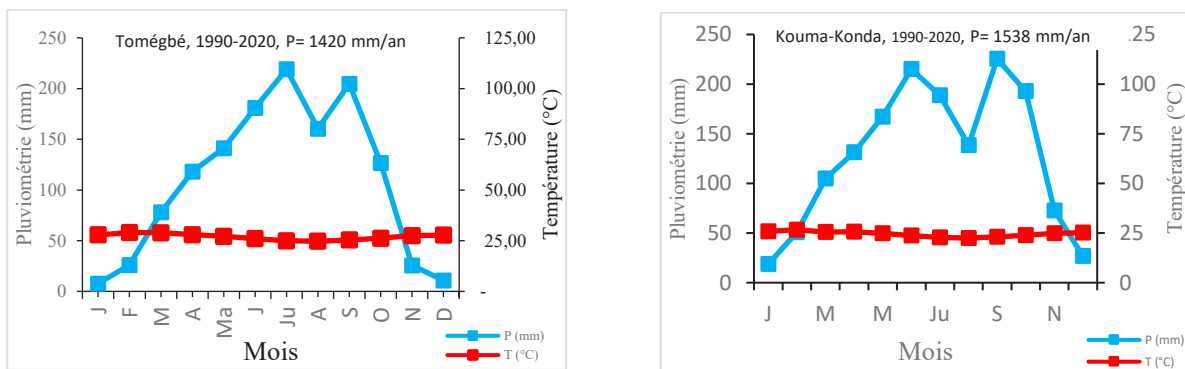


Figure 1 . Localisation de la zone d'étude (Source : Atlas du Togo)
Figure 1 . Localisation of the study area (Source : Atlas of Togo)



(a) Courbe ombrothermique de la station de Badou-Tomégbé 1990 – 2020 (Litimé)

(b) Courbe ombrothermique de la station de Kouma-Konda 1990 – 2020 (Plateau de kloto)

Figure 2 . Courbes ombrothermiques de deux stations de la zone écologique IV du Togo (Source: Direction Générale de la Météorologie Nationale).

Figure 2 . Umbrothermal curves for two stations in Togo's Ecological Zone IV (Source: Direction Générale de la Météorologie Nationale).

du Togo (Brunel 1984) et la flore du Bénin (Akoègninou 2006) sont utilisés et adaptés selon les recommandations de l'Angiosperm Phylogeny Group (APG III 2009).

Traitement des données

Paramètres floristiques

La distribution spatiale des individus de *E. angolense* dans les formations végétales prospectées est cartographiée sur l'ensemble de la zone écologique IV du Togo à l'aide du logiciel QGIS, sur la base des coordonnées géographiques de chaque pied de *E. angolense*. Le traitement des données floristiques a été réalisé à l'aide du tableur Excel. À chaque espèce relevée, la famille, la forme biologique (Raunkiaer 1934) et l'affinité phytogéographique (White 1986) correspondantes ont été associées pour la construction des différents spectres (brut et pondéré) (Sogo *et al.* 2022b).

- Le spectre brut (*Sb*) est donné par la formule :

$$Sbi = (ni/N) \times 100$$

Où *ni* est le nombre total d'un type biologique ou d'un type phytogéographique *i* donnée et *N* est le nombre total d'espèces appartenant au groupement. *Sbi* est le spectre brut exprimé en pourcentage pour un type biologique ou phytogéographique donné.

- Le spectre pondéré (*Sp*) est donné par la formule :

$$Spi = (ri/R) \times 100$$

Où *ri* est le recouvrement total d'un type biologique ou d'un type phytogéographique *i* donnée et *R* est le recouvrement total moyen du groupement.

Ensuite, une matrice « relevés x espèces » a été réalisée sur la base de l'abondance/dominance des espèces. Cette matrice a été soumise à une classification hiérarchique ascendante suivant la méthode de Ward's afin de discriminer les groupes de relevés phytosociologiques. Cette analyse a été faite à l'aide du logiciel Community Analysis Package 2.18.

La diversité floristique de la zone d'étude a été évaluée en calculant la richesse spécifique (*Rs*), ainsi que les indices de diversité de Shannon (*H'*), et de l'équitabilité de Pielou (*E*) (Sogo *et al.* 2022b, Magurran 1988) qui sont généralement utilisés pour l'étude de la diversité floristique au sein d'une formation végétale tropicale. Les formules de ces indices sont :

richesse spécifique (*Rs*) : ; *S* = nombre d'espèces inventoriées

indice de diversité de Shannon (*Ish*) :

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

Avec *ni*, le nombre d'individus de l'espèce *i* et *n*, le nombre total d'individus des espèces inventoriées dans les placettes. La diversité est faible lorsque *Ish* < 3 bits, moyenne si *Ish* est compris entre 3 et 4 puis élevée quand *Ish* ≥ 4 bits (Yedomonhan 2008).

indice d'équitabilité de Pielou (*Eq*) qui correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale possible en considérant le nombre d'espèces :

$$Eq \text{ soit } Eq = \frac{Ish}{H_{max}}$$

avec ***H_{max}* = log₂ S** ; *S* = nombre d'espèces.

Eq est compris entre 0 et 1. *Eq* tend vers 0 lorsque la quasi-totalité des individus appartiennent à une seule espèce

et prend la valeur 1 lorsque toutes les espèces ont exactement le même recouvrement (Egue 2011).

Fréquence relative (*Fr*) des espèces a été calculée suivant la formule : ***Fr* = *Nri*/*Nrt* × 100**.

Avec *Nri* = nombre de relevés dans lesquels l'espèce est présente, *Nrt* = nombre total de relevés.

Paramètres dendrométriques

- Densité (*D* tige/ha)

La densité est définie comme le nombre total de tiges ou d'individus (***dbh* ≥ 10 cm**) par unité de surface. Si l'on considère *n* le nombre de tiges ou d'individus et *S* l'unité de surface correspondant à un hectare, on a : ***D* = *n* / *S***.

- Surface terrière (*G*)

La surface terrière (*G*) d'un peuplement est la somme des surfaces terrières de la section, à hauteur d'homme (1,30 cm), des tiges des arbres du peuplement, ordinairement exprimée en m² par rapport à une unité de surface. Si l'on considère les tiges des arbres cylindriques et si l'on note *c* la circonférence d'une tige et *g* sa surface terrière, on a : ***g* = *c*² / 4π**.

La surface terrière *G* est la somme des surfaces terrières individuelles (***G* = Σ*gi***). Elle est proportionnelle à la surface et à la masse foliaire (Mc Cune & Grace 2003).

$$\text{- Diamètre moyen } Dm \text{ (cm)} : Dm = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n di^2 \right)^{1/2} ;$$

n = nombre de pieds et *di* le diamètre à 1,30 m de l'arbre *i*.

$$\text{- Hauteur moyenne de Lorey (HL)} : HL = \frac{\sum_{i=1}^n gihi}{\sum_{i=1}^n gi}$$

avec ***gi* = $\frac{\pi}{4} di^2$** , *gi* et *hi* sont respectivement la surface terrière et la hauteur de l'arbre *i*.

Structures en diamètres et en hauteurs des formations à *E. angolense*

Les logiciels Excel et Minitab 18 ont été utilisés pour la classification horizontale et verticale des ligneux et de *E. angolense* des différents groupes établis sur la base de l'analyse de la valeur indicatrice, qui est une méthode permettant de déduire à partir d'une classification ascendante hiérarchique ou non hiérarchique un groupement végétal à partir de deux espèces caractéristiques ayant toutes les deux les valeurs indicatrices les plus élevées du groupement considéré.

La valeur indicatrice d'une espèce donnée a été évaluée en utilisant l'Indice de Valeur d'Importance (IVI) (Issa 2018, Adjossou 2009). Indices de Valeur d'Importance (IVI) :

***IVI* = *FREQsp* + *DENSsp* + *DOMsp* ; *FREQ sp* = (*Np*/*Ntp*) × 100 ; *DENS sp* = (*Ni*/*N*) × 100 ; *DOM sp* = *gi*/Σ*gini* ;** avec *Np*, nombre de placeaux dans lesquels l'espèce se retrouve ; *Ntp*, nombre total des placeaux ; *gi*, la surface terrière ; *FREQsp*, la fréquence relative ; *DENSsp*, la densité relative ; *DOMsp*, la dominance relative de chaque espèce.

Cette classification a été ajustée suivant les trois (3) paramètres de distribution de Weibull (Husch 2003) appliqués par Bonou (2009) et Amani (2010). Elle se fonde sur la fonction de densité de probabilité définie par Rondeux (1999) se présentant sous la fonction :

***F(x)* = *c/b* [(*x-a*)/*b*]^{*c-1*} exp[-[(*x-a*)/*b*]^{*c*}]**, où *x* = diamètre ou hauteur des arbres ; *a* = paramètre de position.

Dans la présente étude $a = 10$ cm pour le diamètre et 2 m pour la hauteur ;

b : est le paramètre d'échelle ou de taille ; il est lié à la valeur centrale des diamètres ou hauteurs des arbres du peuplement considéré ;

c : est le paramètre de forme lié à la structure en diamètre ou en hauteur considérée.

Cette distribution de Weibull peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme (c) lié à la structure en diamètre ou en hauteur. Ainsi, lorsque :

$c < 1$: distribution en « J renversé », caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes ; $c = 1$: distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction ; $1 < c < 3,6$: distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique de peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre ; $c = 3,6$: distribution symétrique ; structure normale, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte ; $c > 3,6$: distribution asymétrique négative ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés (Egue 2011).

RESULTATS

Caractéristiques floristiques des habitats de *E. angolense*

Bilan floristique des formations boisées à *E. angolense*

Au total deux cent cinquante et une (251) espèces ligneuses et herbacées ont été recensées dans quatre-vingt-sept (87) relevés de 50 m X 50 m, soit sur une superficie de 21,75 ha. Ces espèces sont réparties dans soixante-treize (73) familles et cent quatre-vingt-dix-neuf (199) genres. Les familles les plus représentées sont les : Fabaceae (24 genres et 31 espèces), Malvaceae (16 genres et 22 espèces), Moraceae (5 genres et 17 espèces), Meliaceae (4 genres et 5 espèces), Rubiaceae (13 genres et 13 espèces), Apocynaceae (8 genres et 8 espèces) et Arecaceae (3 genres et 3 espèces).

Distribution des fréquences des espèces dans les formations boisées à *E. angolense*

La courbe rang-fréquence (Fig. 3) montre que certaines espèces sont relativement plus fréquentes que d'autres. Ainsi, dans les formations boisées à *E. angolense* les espèces les plus fréquentes sont : *Elaeis guineensis* Jacq. (81,61%), *Albizia zygia* (DC) J.F. Macbr (51,72%), *Albizia adianthifolia* (Schumach.) W. Wight (50,57%), *Theobroma cacao* L. (49,43%), *Musa paradisiaca* L. (47,13%), *Antiaris toxicaria* var. *africana* Scott-Elliot ex A. Chev. (39,1%), *Cola gigantea* A. Chev. (37,93%), *Newbouldia laevis* (P. Beauv.) Seem. Ex Bureau (36,78%), *Ficus mucosa* Welw. Ex Ficalho (35,63%), *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg (35,63%).

Spectres écologiques des formations boisées à *E. angolense*

Dans les formations boisées à *E. angolense* au Togo, les microphanérophytes sont les plus représentés avec 27,11% du spectre brut soit 22,52% du spectre pondéré (61 espèces), suivi des mésophanérophites avec 21,33% du spectre brut soit 27,31% du spectre pondéré (48 espèces), des nanophanérophites avec 12,89% du spectre brut soit 12,89% du spectre pondéré (29 espèces), des lianes microphanérophytes avec 12,44% du spectre brut soit 5,44% du spectre pondéré (28 espèces), des mégaphanérophites avec 9,33% du spectre brut soit 16,33% du spectre pondéré (21 espèces). Les autres types biologiques sont les thérophytes, les hémicryptophytes, les chaméphytes et les géophytes avec des pourcentages inférieurs à 5% du spectre brut. Une diversité des types biologiques est observée au niveau des lianes sous forme de nanophanérophites, géophytes, mésophanérophites. De façon globale les phanérophites représentent 85,78% des espèces (Fig. 4).

Le spectre global des affinités phytogéographiques (Fig. 4) montre une dominance des espèces guinéo-congolaises avec 45,13% du spectre brut et 49,98% du spectre pondéré (102 espèces), suivies des espèces afro-tropicales avec 23,01% du spectre brut et 16,19% du spectre pondéré (52 espèces), des espèces introduites avec 10,18% du spectre brut et 21,89%

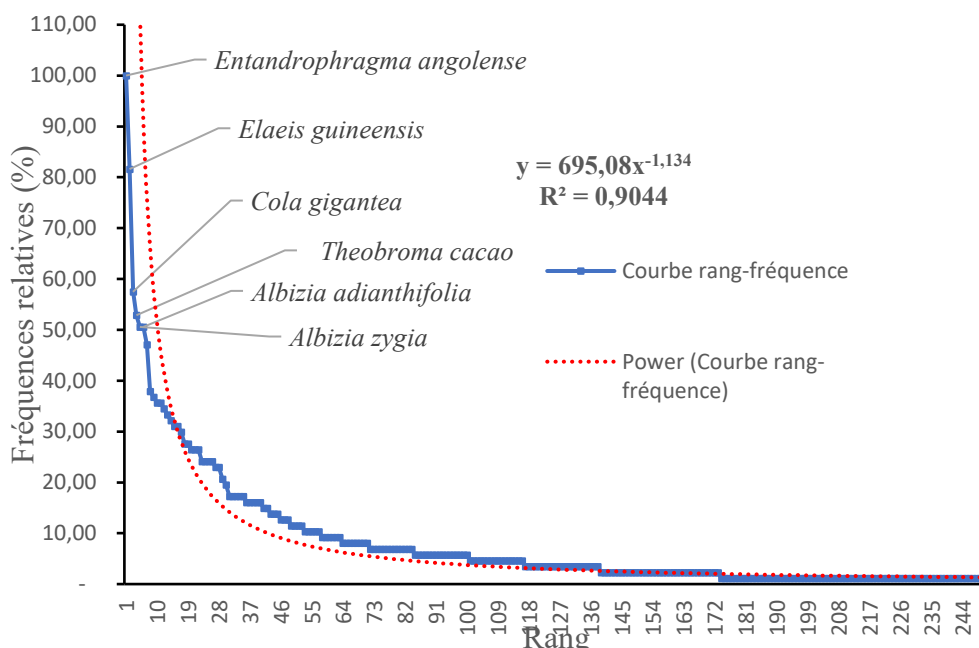


Figure 3 : Courbe rang-fréquence des espèces des formations boisées à *E. angolense*
Figure 3 : Rank-frequency curve for *E. angolense* woodland species

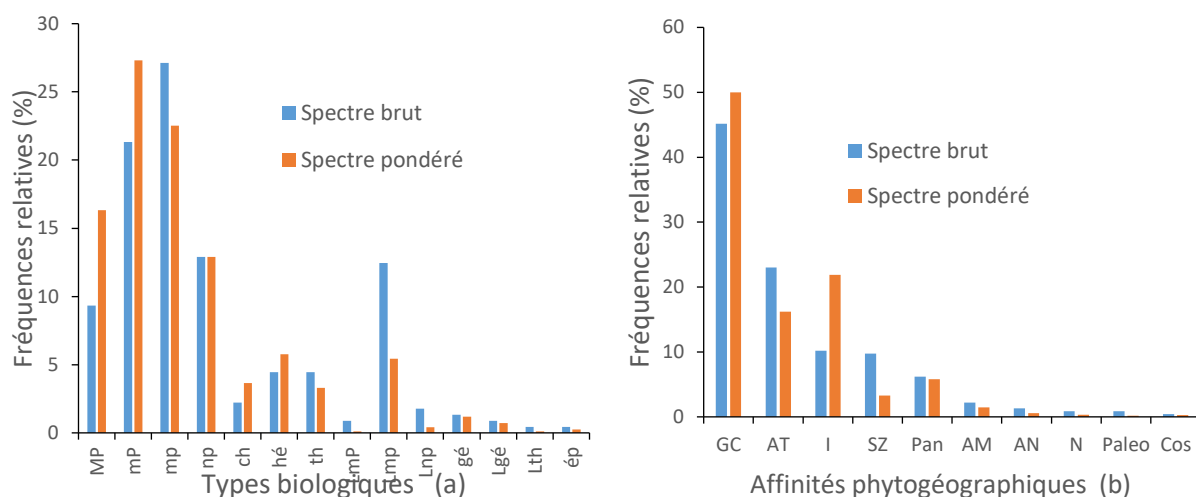


Figure 4 . Spectre global des types biologiques et des affinités phytogéographiques des formations boisées à *E. angolense*
 Figure 4 . Global spectrum of biological types and phytogeographical affinities of *E. angolense* woodlands
 Types biologiques (T.B.)

MP : mégaphanérophytes ; mP : mésophanérophytes ; mp : les microphanérophytes ; np : nanophanérophytes ; ch : chaméphytes ; hé : hémicryptophytes ; gé : géophytes ; th : thérophytes ; ép : épiphytes ; L : lianes.
 Chorologie (Chie)

Cos : cosmopolites ; Pan : pantropicales ; Paleo : paléotropicales ; AM : Afro-malgaches ; AT : afrotropicale ; SZ-GC : Soudano-Zambésienne/ Guinéo-Congolaise ; SZ : Soudano-zambésienne ; GC : Guinéo-congolaise ; GCW : Guinéenne occidentale ; GCE : Guinéenne orientale ; DG : endémique du Dahomey ; I : introduites ; N : taxon originaire d'Amérique ; AN : afro-américaine.

du spectre pondéré (23 espèces), des espèces soudano-zambésiennes avec 9,73% du spectre brut et 3,27% du spectre pondéré (22 espèces) et des espèces pantropicales avec 6,19% du spectre brut et 5,81% du spectre pondéré (14 espèces). Les taxons afro-malgaches, afro-américains, américains, paléotropicaux, guinéo-occidentaux et cosmopolites sont très faiblement représentés. L'indice phytogéographique des formations boisées à *E. angolense* est faible (0,22), indiquant la forte affinité guinéo-congolaise de la zone écologique IV.

Paramètres structuraux des formations boisées abritant *E. angolense*

Les formations boisées à *E. angolense* présentent une densité moyenne de tous les ligneux de 102,44 tiges/ha pour une surface terrière de 7,44 m²/ha alors que l'espèce *E. angolense* prise isolément a une densité moyenne de 5,35 tiges/ha pour une surface terrière de 1,01 m²/ha. Le diamètre moyen des ligneux est de 20,77 cm et leur hauteur moyenne est de 11,1 m. *E. angolense* est en moyenne haute de 14,85 m pour un diamètre moyen de 28,45 cm. La densité de régénération des ligneux est de 74,93 tiges/ha alors que celle de *E. angolense* est de 2,4 tiges/ha dans ces formations.

Caractéristiques écologiques des formations boisées à *E. angolense*

L'ordination de l'ensemble des relevés dans le plan factoriel des axes 1 et 2 par la méthode de DECORANA (DEtrended CORrespondance ANALysis) ou DCA montre une dispersion des relevés des inventaires écologiques des formations boisées à *E. angolense* (Fig. 5) laissant apparaître trois grands groupes de relevés écologiques. Il s'agit des groupes :

- GI : groupe de relevés des formations boisées à *E. angolense* de la plaine du Litimé, avec une humidité et une pluviométrie moyenne.
- GII : groupe de relevés des formations boisées à *E. angolense* des plateaux Akposso et Akébou avec une humidité et une pluviométrie faible.

- GIII : groupe de relevés des formations boisées à *E. angolense* de la plaine du Litimé et du plateau de Danyi avec une humidité et une pluviométrie élevée.

L'axe 1 (47,19%) traduit un degré d'anthropisation croissante permettant de séparer les formations moins anthropisées (vers la gauche) des formations très anthropisées (vers la droite). L'axe 2 (20,40%) traduit un degré d'humidité croissante, avec des formations très humides (en haut) séparées des formations moins humides (en bas).

La relation entre les différentes variables écologiques est manifestée autour des deux axes canoniques ; la longueur de la flèche traduit le degré d'expression du facteur donné (Fig. 6). Suivant l'axe canonique 1, les descripteurs, situation topographique, pente, exposition, fermeture, pâturage et passage du feu sont corrélés positivement. La couleur du sol est corrélée à l'axe 2.

Typologie des relevés des formations boisées à *E. angolense*

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) des 87 relevés floristiques suivant la méthode Ward's a permis de discriminer au seuil de 100% deux groupements végétaux GI et GII. Le groupement GI est celui des relevés du Litimé et des plateaux de Danyi plus humide et le Groupement GII est celui des relevés des plateaux Akposso et Akébou moins humide. Au seuil de 60%, le groupement GI donne trois sous-groupements G1, G2 et G3 alors que le groupement GII se scinde en deux sous-groupements G4 et G5 (Fig. 7).

Caractéristiques floristiques des groupements végétaux des formations boisées à *E. angolense*

Le tableau 1 présente les caractéristiques floristiques des cinq groupements végétaux des formations boisées à *E. angolense* étudiées. Le groupement G3 présente la diversité spécifique la plus élevée (156 espèces) par rapport aux autres groupements ; ceci se traduit par un indice de Shannon plus élevé de 4,82 bits. Les groupements G1, G2 et G3 présentent

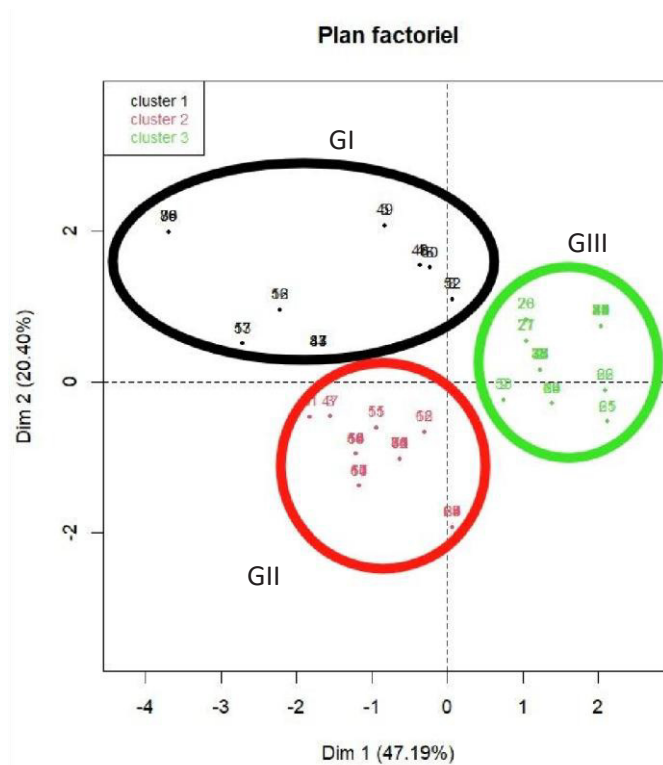


Figure 5. Carte factorielle des relevés écologiques dans le plan des axes 1 et 2 de la DCA plot.
Figure 5. Factor map of ecological surveys in the plane of axes 1 and 2 of the DCA plot.

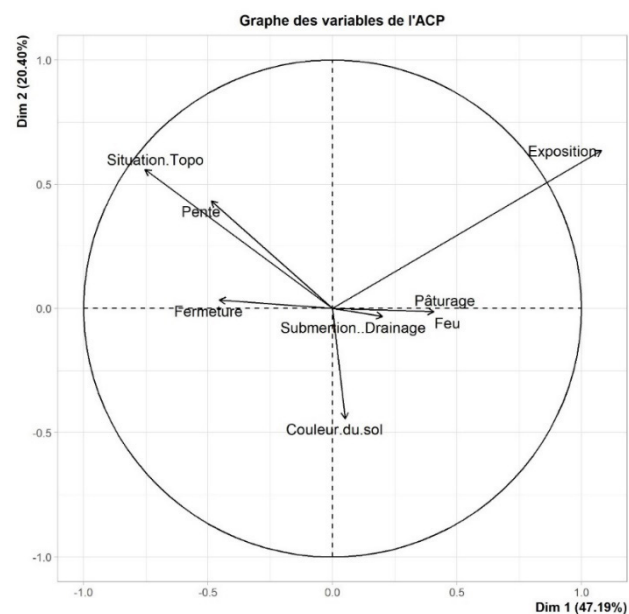
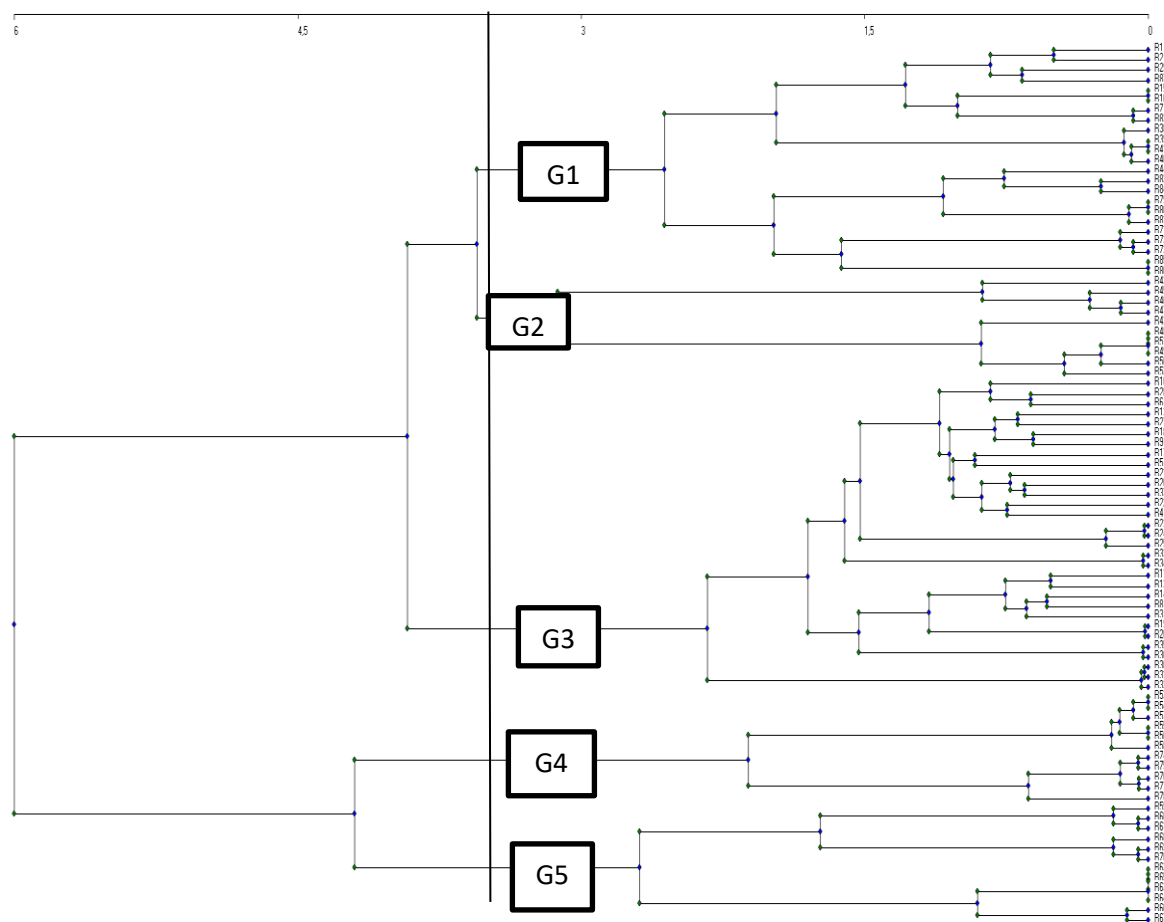


Figure 6 . Diagramme de l'ordination des variables écologiques par l'ACP.
Figure 6 . Diagram of PCA ordination of ecological variables.

Figure 7. Classification hiérarchique ascendante des 87 relevés des formations boisées à *E. angolense*Figure 7. Hierarchical ascending classification of 87 *E. angolense* woodland surveysG1 : groupement à *Milicia excelsa* et *Antiaris toxicaria*, constitué de 23 relevés ;G2 : groupement à *Trichilia megalantha* et *Terminalia superba*, avec 10 relevés ;G3 : groupement à *Albizia zygia* et *Albizia adianthifolia*, constitué de 31 relevés ;G4 : groupement à *Aubrevillea kerstingii* et *Cola gigantea*, constitué de 11 relevés ;G5 : groupement à *Cordia alliodora* et *Khaya grandifoliola*, constitué de 12 relevés.Tableau 1 . Caractéristiques floristiques des groupements végétaux des formations boisées à *E. angolense*Tableau 1 . Floristic characteristics of plant groups in *E. angolense* woodlands

Groupements végétaux	Nombre de familles	Nombre de genres	Richesse spécifique	Indice de Shannon (H') bits	Equitabilité de Pielou (E)	Espèces dominantes et leurs indices de valeur d'importance (IVI)
G1	40	74	89	4,57	0,91	<i>Milicia excelsa</i> (98,23) <i>Antiaris toxicaria</i> (98,25)
G2	23	39	43	4,09	0,87	<i>Trichilia megalantha</i> (82,14) <i>Terminalia superba</i> (72,26)
G3	49	133	156	4,82	0,94	<i>Albizia zygia</i> (78,14) <i>Albizia adianthifolia</i> (68,09)
G4	17	28	30	3,4	0,74	<i>A. kerstingii</i> (114,59) <i>Cola gigantea</i> (110,35)
G5	22	33	34	3,67	0,76	<i>Cordia alliodora</i> (101,55) <i>K. grandifoliola</i> (93,06)

Légende : G1 : groupement à *Milicia excelsa* et *Antiaris toxicaria*, G2 : groupement à *Trichilia megalantha* et *Terminalia superba*, G3 : groupement à *Albizia zygia* et *Albizia adianthifolia*, G4 : groupement à *Aubrevillea kerstingii* et *Cola gigantea*, G5 : groupement à *Cordia alliodora* et *Khaya grandifoliola*.

les indices de Shannon les plus élevés. L'indice de Shannon et l'équitabilité de Piélou varie peu et est de 0,91 pour le groupement G1, 0,87 pour G2, 0,94 pour G3, de 0,74 pour G4 et 0,76 pour G5. L'indice de Pielou élevée dans tous les groupements végétaux identifiés traduit une bonne distribution des espèces.

Les spectres biologiques des 5 groupements végétaux pour les 10 relevés considérés dans chacun des groupements des formations boisées à *E. angolense* étudiées montrent que pour le groupement G1 ou groupement à *Milicia excelsa* et *Antiaris toxicaria* dominantes, le spectre des types biologiques est dominé par les mésophanérophytes (22 espèces), les microphanérophytes (21 espèces), les mégaphanérophytes (15 espèces) et les nanophanérophytes (13 espèces). Les autres types biologiques sont faiblement représentés. Le groupement à *Trichilia megalantha* et *Terminalia superba* (G2) est dominé par les phanérophytes (Méga, micro et méso phanérophytes) ; les autres types biologiques sont faiblement représentés. Le groupement à *Albizia zygia* et *Albizia adianthifolia* (G3) est dominé également par les phanérophytes (Méso avec 36 espèces, micro avec 33 espèces, nano avec 19 espèces, les méga avec 17 espèces puis les lianes microphanérophytes avec 23 espèces), suivi des thérophytes (9 espèces), des hémicryptophytes (6 espèces) et des chaméphytes avec 5 espèces ; les autres types biologiques sont faiblement représentés. La faible densité des mégaphanérophytes dans ce groupement dans la zone des forêts dense s'explique par un important prélèvement des espèces de bois d'œuvre comme *E. angolense* et les autres ligneux. Le groupement G4 ou groupement à *Aubrevillea kerstingii* et *Cola gigantea* est représenté par les mésophanérophytes et les mégaphanérophytes qui dominent de loin les autres types biologiques. Ceci s'explique par le fait que ce groupement

représente des agrosystèmes (plantations de teck et des avocats). Dans le groupement à *Cordia alliodora* et *Khaya grandifoliola* dominants (G5), les micro, les méga et les mésophanérophytes sont les plus représentés.

Les spectres des affinités phytogéographiques des groupements végétaux des 10 relevés considérés des formations boisées à *E. angolense* étudiées montrent la domination des espèces guinéo-congolaises dans tous les groupements identifiés. Dans les groupements G1, G3 et G4 les espèces afro-tropicales viennent en deuxième position puis les espèces introduites en troisième position alors que dans les groupements G2 et G5 les espèces introduites viennent avant les espèces afro-tropicales. Ensuite suivent les espèces pantropicales, les espèces soudano-zambéziennes, les espèces afro-malgaches et paléotropicales.

Caractéristiques structurales des groupements végétaux à *E. angolense*

Le tableau 2 présente les différents paramètres structuraux des formations boisées à *E. angolense*. Il apparaît à l'analyse du tableau que ces paramètres varient d'un groupement à l'autre, entre 49,2 et 201,2 individus/ha pour la densité, 65 rejets/ha à 98,67 rejets/ha pour la régénération, $5,05 \pm 0,03$ m²/ha à $31,88 \text{ m}^2/\text{ha} \pm 0,07$ m²/ha pour la surface terrière, $19,82 \pm 7,97$ à $22,72 \text{ cm} \pm 12,51$ cm pour le diamètre moyen et $9,91 \pm 5,50$ à $20,98 \text{ cm} \pm 12,04$ cm pour la hauteur moyenne.

L'espèce *E. angolense* quant à elle présente dans la zone une densité faible avec 4 à 6 individus/ha ; elle est plus importante dans le groupement G3 (groupement à *Albizia zygia* et *Albizia adianthifolia*) constitué de 31 relevés à cause de l'importance des jachères et des forêts denses dégradées ; elle est faible dans le groupement G1 (constitué en majorité des agroforêts). Le groupement (G3) a la surface terrière

Tableau 2 . Paramètres structuraux des groupements végétaux des formations boisées à *E. angolense* étudiées
Tableau 2 . Structural parameters of plant groups in the *E. angolense* woodlands studied

Catégories d'individus	Paramètres structuraux	G1	G2	G3	G4	G5
Individus de dbh ≥ 10 cm	Densité moyenne des ligneux totaux (tige/ha)	201,2	128,8	190,8	49,2	51,6
	Densité moyenne de <i>E. angolense</i> (tige/ha)	4,8	4,8	6	4,4	5,2
	Surface terrière des ligneux totaux (m ² /ha)	$26,84 \pm 0,06$	$6,84 \pm 0,057$	$31,88 \pm 0,07$	$5,05 \pm 0,03$	$5,51 \pm 0,04$
	Surface terrière de <i>E. angolense</i> (m ² /ha)	$2,8 \pm 0,24$	$1,39 \pm 0,12$	$1,12 \pm 0,06$	$0,36 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,07$
	Diamètre moyen des ligneux totaux (cm)	$20,09 \pm 9,64$	$20,98 \pm 12,0$	$22,72 \pm 12,5$	$19,82 \pm 7,97$	$19,96 \pm 9,6$
	Diamètre moyen de <i>E. angolense</i> (cm)	$43,95 \pm 30,68$	$31,24 \pm 20,36$	$26,63 \pm 10,93$	$18,12 \pm 7,19$	$22,29 \pm 12,4$
	Hauteur moyenne des ligneux totaux (m)	$10,96 \pm 4,73$	$9,91 \pm 5,50$	$10,09 \pm 4,9$	$12 \pm 2,5$	$11,39 \pm 3,13$
	Hauteur moyenne de <i>E. angolense</i> (m)	$18,17 \pm 6,36$	$15,54 \pm 7$	$15,13 \pm 4,03$	$12,5 \pm 1,55$	$12,23 \pm 3,55$
	Densité moyenne (tige/ha)	65,33	74,67	98,67	68	68
	Densité moyenne de <i>E. angolense</i> (tige/ha)	4	0	6,66	1,33	0

la plus élevée pour l'ensemble des ligneux dont la hauteur moyenne est de $10,09 \text{ m} \pm 4,9 \text{ m}$ et le diamètre moyen de $22,72 \text{ cm} \pm 12,51 \text{ cm}$. Pour ce groupement (G3), l'espèce *E. angolense* a une surface terrière de $1,12 \text{ m}^2/\text{ha} \pm 0,06 \text{ m}^2/\text{ha}$, une hauteur moyenne $15,13 \text{ m} \pm 4,03 \text{ m}$ et un diamètre moyen de $26,63 \text{ cm} \pm 10,93 \text{ cm}$. Le groupement (G1) présente pour tous les ligneux une surface terrière de $26,84 \text{ m}^2/\text{ha} \pm 0,06 \text{ m}^2/\text{ha}$, une hauteur moyenne de $10,96 \text{ m} \pm 4,73 \text{ m}$ et un diamètre moyen de $20,09 \text{ cm} \pm 9,64 \text{ cm}$. Le groupement à *Trichilia megalantha* et *Terminalia superba* (G2) présente une surface terrière de $6,84 \text{ m}^2/\text{ha} \pm 0,057 \text{ m}^2/\text{ha}$, une hauteur moyenne de $9,91 \text{ m} \pm 5,50 \text{ m}$ et un diamètre moyen de $20,98 \text{ cm} \pm 12,04 \text{ cm}$. Le groupement (G4) présente la surface terrière la plus faible pour tous les ligneux ; la hauteur moyenne est de $12 \pm 2,5$ et le diamètre moyen de $19,82 \pm 7,97$. Le groupement (G5) ou groupement à *Cordia alliodora* et *Khaya grandifoliola* dominants, présente pour tous les ligneux une surface terrière de $5,51 \text{ m}^2/\text{ha} \pm 0,04 \text{ m}^2/\text{ha}$, une hauteur moyenne de $11,39 \text{ m} \pm 3,13 \text{ m}$ et un diamètre moyen de $19,96 \text{ cm} \pm 9,56 \text{ cm}$.

Structure verticale et diamétrie des ligneux

Distribution des ligneux par classe de hauteur des groupements végétaux à *E. angolense*

La répartition des tiges par classes de hauteurs de toutes les espèces ligneuses confondues au sein des groupements végétaux des formations boisées à *E. angolense* montre une structure en cloche (Fig. 8). Ces structures en hauteurs des ligneux toutes espèces confondues s'ajustent parfaitement avec le coefficient de forme c de Weibull compris entre 1,294 pour G2 et 3,402 pour G4 ($1 < c < 3,6$), traduisant une prédominance des individus jeunes de faibles hauteurs. La classe de hauteur la plus représentée varie d'une formation à une autre. Elle est de 6-8 m pour G1, 4-6 m pour G2 et G3, 12-14 m pour G4 et 8-10 m pour G5.

Distribution des ligneux par classe de diamètre des groupements végétaux à *E. angolense*

La distribution des tiges par classes de diamètres de toutes les espèces ligneuses confondues dans les groupements végétaux des formations boisées à *E. angolense* montre que les classes de faibles diamètres sont dominantes (Fig. 9). La valeur du coefficient de forme " c " de la structure en diamètre de l'ensemble des ligneux est inférieure à 1. Cette valeur indique une distribution en « L », caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes et traduisant une prédominance des individus jeunes de faibles diamètres (compris entre 10 et 20 cm).

DISCUSSION

Caractéristiques floristiques des formations

Dans les formations boisées à *E. angolense*, 251 espèces végétales ont été recensées révélant une faible diversité spécifique de ces formations végétales par comparaison aux études antérieures qui ont été effectuées dans la même zone à savoir celle d'Adjossou en 2009 qui a recensé 918 espèces végétales dans les forêts galeries et celle d'Akpagana (1989) vingt ans plutôt qui a inventorié 635 espèces végétales dans les fragments de forêts humides. Ceci s'expliquerait par la faible nombre de relevés. En effet l'étude a été orientée par la présence de *E. angolense*, une espèce dont les habitats subissent une dynamique des changements d'utilisation importante dans la zone. L'espèce non seulement fait l'objet d'exploitation intensive mais aussi ces habitats naturels sont convoités pour la culture du café et du cacao. Elle se retrouve

alors aujourd'hui dans des écosystèmes très dégradés. D'autres travaux effectués dans la même zone mais orientés sur les agrosystèmes ont recensé respectivement 138 espèces végétales dans les agroforêts à caféiers (Koda *et al.* 2019) et 195 espèces végétales dans les agroforêts à cacaoyers (Djiwa *et al.* 2020). Ceci est un indicateur évident que les changements d'affectation des terres qui s'opèrent dans la zone constitue une menace réelle pour la biodiversité en général et de *E. angolense* en particulier. D'autres facteurs à prendre également en compte sont les changements climatiques car la zone devient de moins en moins humide à cause de la baisse de la pluviométrie et l'utilisation accrue et répandue des produits chimiques dans l'agriculture. Dans les formations boisées à *E. angolense*, les familles les plus représentées sont les : Fabaceae, Malvaceae, Moraceae, Meliaceae et Rubiaceae. Atato (2011), Akoègninou (2006) et Adjossou (2004) ont également souligné la présence des Fabaceae et des Rubiaceae parmi les familles les plus importantes respectivement dans les formations forestières de cette zone écologique et dans les forêts naturelles du Bénin. Selon Aubreville (1950) l'importance des Rubiaceae dans une flore est indicatrice de l'existence des conditions écologiques favorables à la forêt (climat humide). En effet la zone d'étude est la zone la plus humide du Togo et héberge les rares formations forestières du pays, car le Togo n'est pas un pays forestier du fait de sa situation dans le Dahomey gap une interruption de la forêt ouest africaine qui s'étend de la Guinée au Nigéria (White 1986). L'augmentation du nombre d'espèces introduites dans la zone forestière indique la conversion des forêts naturelles en agroforêts et aussi la responsabilité de l'Homme dans la disparition et la perturbation de cet écosystème.

De façon globale la flore des formations boisées à *E. angolense* est largement dominée par les phanérophytes. Ce résultat est similaire à celui de Adjakpa *et al.* (2011) obtenu dans la forêt dense humide de Sakété, dans le sud du Bénin. Le pourcentage des phanérophytes peut donc être un facteur de discrimination des formations végétales (Mangenot 1955). Ainsi cet auteur fixe pour les formations denses humides tropicales des pourcentages compris entre 80 et 90%. Avec 86% des espèces comme phanérophytes, les formations boisées à *E. angolense* restent encore des formations denses humides malgré la baisse de pluviométrie observée. Cependant, la prédominance des microphanérophytes serait un facteur indicateur de fortes perturbations écologiques des formations forestières de la zone d'étude.

La prépondérance dans la flore des espèces guinéo congolaises confirme que la zone d'étude est bien située dans le centre régional d'endémisme guinéo-congolais. La forte domination des espèces guinéo congolaises dans les groupements révèle aussi l'importance des jachères dans la restauration de la végétation originelle d'une région.

L'influence des facteurs écologiques stationnels et anthropiques dans la discrimination des formations végétales s'est également révélée. En effet, dans les plans factoriels d'ordination de la DCA, les formations végétales les moins anthropisées s'opposent aux formations végétales très anthropisées suivant l'axe 1 et celles les formations végétales sur sols plus humides s'opposent aux formations végétales occupant des sols moins humides suivant l'axe 2. Selon Ozenda (1982) sous un même climat, des variations significatives s'opèrent dans la physionomie et la composition de la végétation en rapport avec les conditions écologiques. Au Togo, plusieurs auteurs ont mis en exergue le rôle des facteurs édaphique et même anthropique dans la distribution

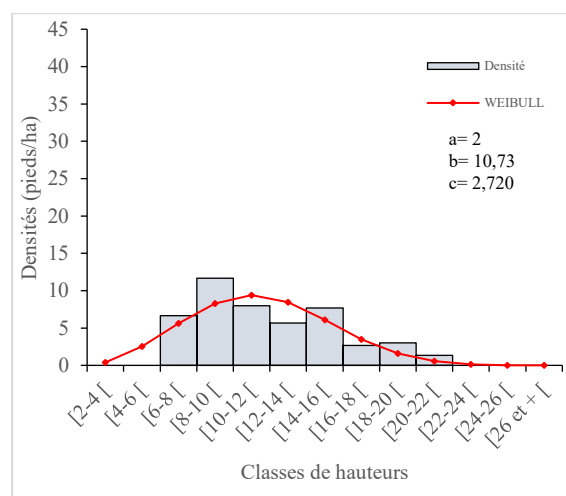
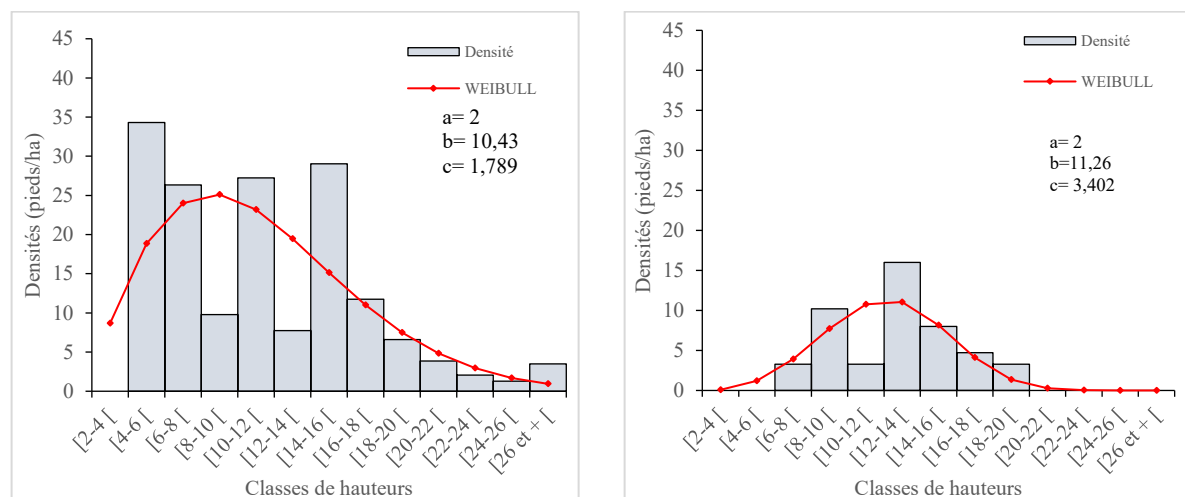
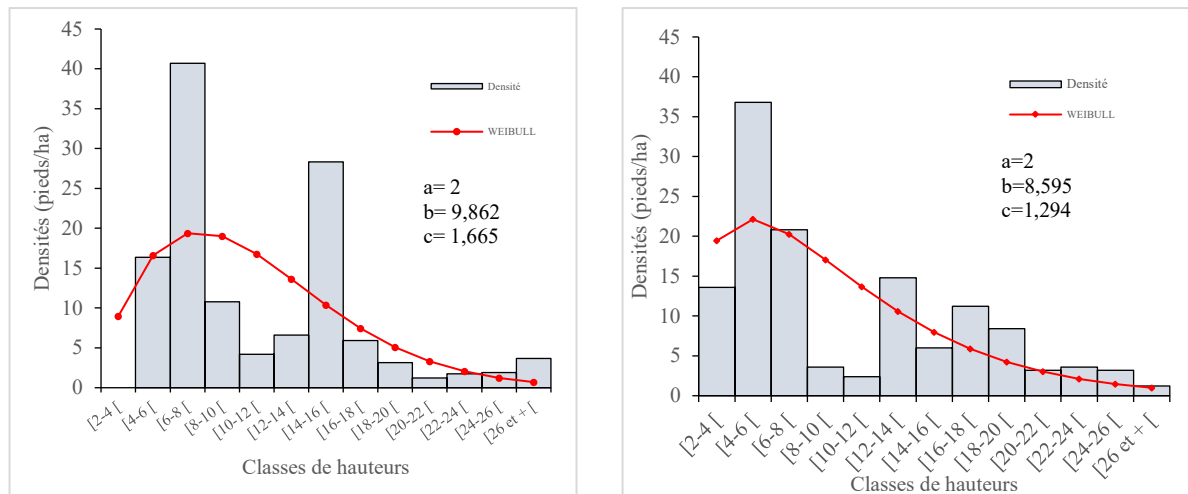
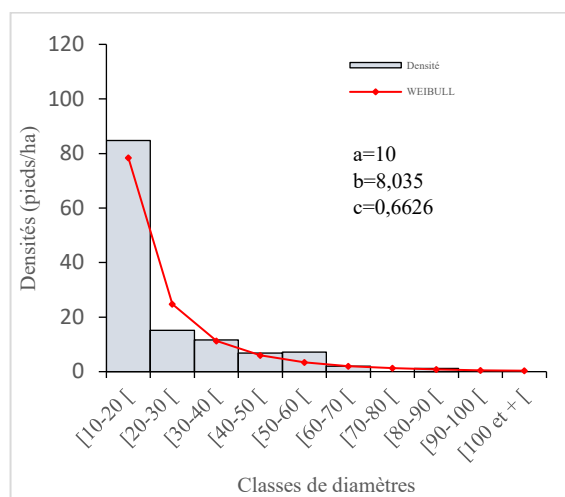
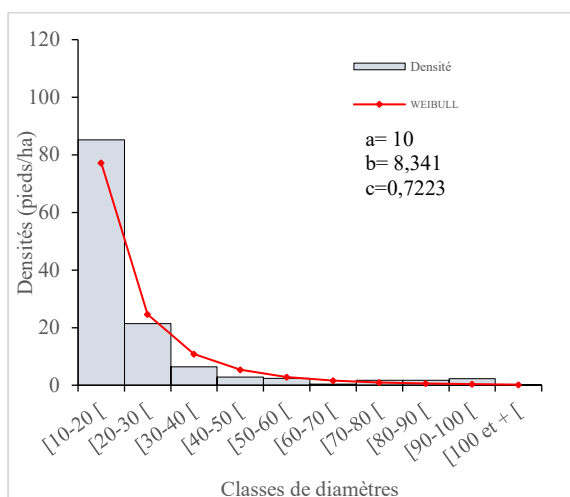
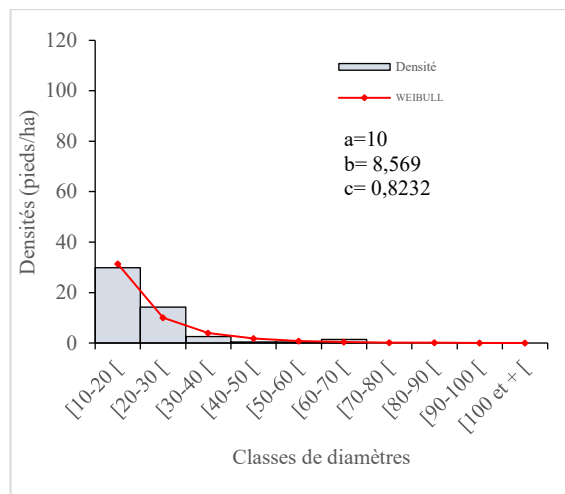
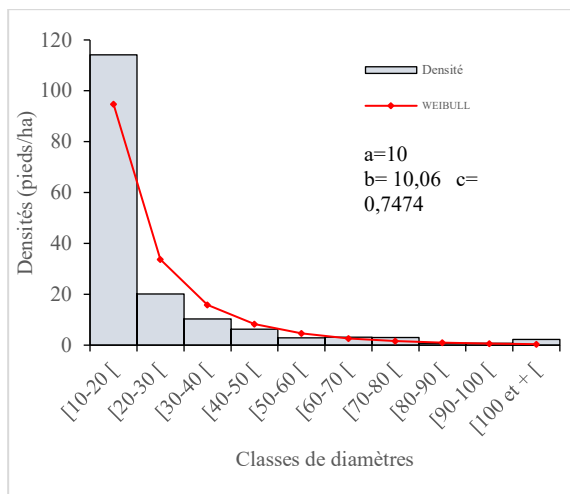


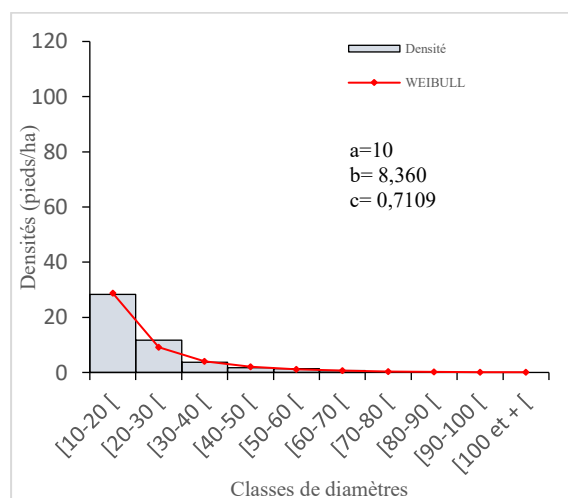
Figure 8 .Structure en hauteur de tous les ligneux des formations boisées à *E. angolense* étudiées
Figure 8 . Height structure of all woody plants in the *E. angolense* woodlands studied



G1 : groupement à *Milicia excelsa* et G2 : groupement à *Trichilia megalantha* et *T. superba*
Antiaris toxicaria



G3 : groupement à *Albizia zygia* et *Albizia adianthifolia* G4 : groupement à *Aubrevillea kerstingii* et *Cola gigantea*



G5 : groupement à *Cordia alliodora* et *Khaya grandifoliola*

Figure 9 . Structure en diamètre de tous les ligneux des formations boisées à *E. angolense* étudiées

Figure 9 . Diameter structure of all woody plants in the *E. angolense* woodlands studie

des formations végétales (Durma 2008, Woegan 2007, Adjossou 2004, Tchamié & Bouraïma 1997, Guelly 1994 et Akpagana 1989).

Typologie des formations boisées à *E. angolense*

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a discriminé cinq (5) groupements végétaux dans les formations boisées à *E. angolense*. Issa en 2018 avait discriminé le même nombre (5) de groupements végétaux. Mais Adjossou en 2009 avait discriminé dans cette même zone 4 types forestiers regroupant 16 communautés de plantes. Certains types de végétations à savoir les agroforêts, les forêts naturelles, les plantations, les champs et les jachères ont été retrouvés excepté les savanes ; ce qui confirme les exigences écologiques de *E. angolense*. Le sol et les précipitations sont les facteurs environnementaux les plus importants affectant la répartition géographique de *E. angolense* en Afrique (Mbatudde *et al.* 2013).

Les indices de diversité (indice informatif de Shannon et équitabilité de Pielou) dans les 5 groupements végétaux identifiés varient de 3,4 à 4,57 bits et de 0,74 à 0,91. Ceci traduit une moyenne à forte diversité des formations boisées à *E. angolense*, ce qui tiendrait du fait des conditions écologiques favorables malgré les perturbations anthropiques.

Caractéristiques dendrométriques et structurales

La densité moyenne des ligneux de 102,44 pieds/ha et la surface terrière moyenne de 7,44 m²/ha des formations boisées à *E. angolense* sont relativement très faibles par rapport aux résultats de 507,02 tiges/ha en moyenne (Adjossou 2009) pour cette même zone. Cette faible densité s'explique par l'anthropisation très poussée par endroits de la zone écologique IV. Cette faible densité s'explique par l'anthropisation très poussée par endroits de la zone écologique IV mais aussi par l'extinction de *E. angolense* dans la zone. En effet, la densité moyenne de 5,35 pieds de *E. angolense*/ha indique clairement que cette espèce est vulnérable au Togo. Les quelques individus inventoriés sont soit des juvéniles ou des pieds épargnés en attendant d'être vendus ou abattus une fois le diamètre d'exploitation atteint. Issa, en 2018 a obtenu une densité des ligneux qui varie de 182 à 286 pieds /ha et celle des *Khaya spp.* varie de 44 à 62 pieds/ha pour les trois espèces du genre *Khaya* dans les zones écologiques IV et III. Ces résultats nettement plus élevés sont dus à l'abondance des espèces du genre *Khaya* à l'état naturel dans la zone mais aussi à des plantations privées de ces espèces qui sont plus domestiquées et plantées au Togo. Une faible densité de 5 à 20 pieds/ha a été obtenue par Sogo *et al.* (2022b) pour l'espèce *Mansonia altissima*, une espèce menacée dans la même zone écologique IV du Togo.

Dans l'ensemble des groupements, la structure en hauteur et en diamètre indique la prédominance des individus jeunes. Cette structure montre que les formations boisées à *E. angolense* au Togo sont très anthropisées. Les grands individus de cette espèce et des autres ligneux sont coupés et utilisés comme bois d'œuvre et bois d'énergie (Issa 2018, Adjossou 2009). Cet effet de domination des individus jeunes serait accentué par une exploitation sélective des individus de cette espèce ; par le prélèvement des individus de gros diamètres pour les planches et les chevrons mais aussi par l'introduction des cacaoyers, des avocatiers, des colatiers et

autres cultures de rente dans presque toutes les forêts de la zone. Dans certains groupements, la distribution en hauteur des tiges de *E. angolense* ; et même des ligneux toutes espèces confondues, laisse penser à la prédominance des individus de hauteurs moyennes ; cet effet s'explique par la stratégie de croissance de cette espèce forestière. En effet, la plupart des espèces de forêts entament dans un premier temps leur croissance en hauteur afin d'accéder à la lumière ; ensuite elles entament la croissance en épaisseur après s'être frayé un passage à la lumière.

CONCLUSION

Cette étude a permis de déterminer les caractéristiques floristiques des habitats de *E. angolense* ainsi que les gradients écologiques majeurs qui déterminent leur distribution. De même, la structure démographique des formations végétales boisées de cette espèce a mis en évidence les pressions anthropiques croissantes auxquelles les forêts denses humides du Togo sont exposées. La mise en place des cultures de rente contribue à réduire drastiquement la biodiversité des écosystèmes forestiers par le remplacement des espèces locales par les espèces exotiques de rente. Ces perturbations pourraient conduire à la disparition des habitats de *E. angolense*. Pour sa conservation, il est urgent de protéger les quelques rares grands pieds afin de disposer des semenciers pour la restauration de l'espèce dans son milieu naturel qui est la forêt humide ou en créant des forêts communautaires.

REFERENCES

- Adjossou K. 2004. *Diversité floristique des forêts riveraines de la zone écologique IV du Togo*. DEA Biologie de développement, Université de Lomé, 64p.
- Adjossou K. 2009. *Diversité, structure et dynamique de la végétation dans les fragments de forêts humides du Togo : les enjeux pour la conservation de la biodiversité*. Thèse Doctorat, Université de Lomé, 235p.
- Adjakpa J. B., Dassoundo A. H., Yedomonhan H. *et al.* 2011. Diversité du peuplement ligneux d'une forêt dense en zone sub-humide : Cas de la forêt de Sakété dans le sud-Bénin en Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5, 6, 2291-2305.
- Akoègninou A. 2006. *Recherches botaniques et écologiques sur les forêts actuelles du Bénin*. Thèse Doctorat d'Etat, UFR Biosciences, Université de Cocody. Abidjan, Côte d'Ivoire, 326 p.
- Akoègninou A., Van Der Burg W. J. & Van Der Massen L. J. G. 2006. *Flore analytique du Bénin*. Backhuys publishers, Cotonou & Wageningen, 1063 p.
- Akpagana K. 1989. *Recherches sur les forêts denses humides du Togo*. Thèse Doctorat, Université Bordeaux III, 181p.
- Amani I. 2010. *Caractérisation des peuplements de principales essences productrices de gomme dans différentes conditions stationnelles de la Commune de Torodi (Niger)*. Thèse Doctorat Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Algérie, 126 p.
- APG III 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105-121.

- Atato A. 2011. *Les espèces spontanées à fruits alimentaires du togo: diversité, écologie, valorisation*. Thèse Doctorat Unique, Université de Lomé, 151p.
- Aubréville A. 1950. *Flore forestière soudano-guinéenne*. AOF-Cameroun-AEF, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, 523 p.
- Bonou W., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A. E. *et al.* 2009. Characterisation of *Afzelia africana* Sm. habitat in the Lama forest reserve of Benin. *Forest ecology and management*, 258, 7, 1084-1092.
- Brunel J. F., Scholz H. & Hiepko P. 1984. Flore analytique du Togo. Phanérogames. *Englera*, 3-751.
- Djiwa O., Pereki, H. & Guelly K. A. 2020. Typology of cocoa-based agroforestry systems of the semi-deciduous forest zone in Togo (West Africa). *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 12, 4, 270-282.
- Dourma M. 2008. *Les forêts claires à Isoberlinia docka Craib. & Stapf et Isoberlinia tomentosa (Harms) Craib. & Stapf (Fabaceae) en zone soudanienne du Togo : écologie, régénération naturelle et activités humaines*. Thèse Doctorat Université de Lomé, Togo, 184 p.
- Egue Y. D. L. 2011. *Contribution des forêts sacrées à la conservation de la biodiversité dans le département de du Zou (Bénin) : cas des communes de Djidja et de Zogbodomey*. Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de Conception (DIC) en Génie de l'Environnement, Université d'Abomey-Calavi, Benin, 180p.
- Ern H. 1979. Die Vegetation Togos : Gliederung, Gefährdung, Erhaltung (The Vegetation of Togo: Structure, threat, conservation). *Willdenowia*, 9: 295-312.
- FAO 2016. Payments for forest environmental services in sub-Saharan Africa: a practical guide. FAO, Accra, 2016. [Consultable à l'adresse www.fao.org/3/a-i5578e.pdf].
- FAO 2018. La situation des forêts du monde 2018. Les forêts au service du développement durable. Rome, Italie. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO et PNUE 2020. La situation des forêts du monde 2020. Forêts, biodiversité et activité humaine. Rome, Italie. 11 p. <https://doi.org/10.4060/ca8642fr>.
- Fleshman M. 2008. Les forêts de l'Afrique, 'poumons du monde'. *Afrique Renouveau*, 21, 4, 5-7.
- Guelly K. A. 1994. *Les savanes de la zone forestière subhumide du Togo*. Thèse Doctorat, Université Pierre Marie-Curie, Paris VI, 163p.
- Guelly K.A. 2011. Etudes des ressources forestières. Projet TCP/TOG/3203(D). MERF/FAO.
- Husch B., Beers T. & Kershaw J. 2003. Forest Mensuration. London : 4th ed, Ronald Press Company, John Wiley & Sons, Inc, 443 p.
- IPBES 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES Secretariat, Bonn, Germany, 56 p.
- Issa I. 2018. *Distribution, structure et exploitation des espèces du genre Khaya A. Juss. (Meliaceae) sur la chaîne de l'Atakora au Togo*. Thèse de Doctorat, Université de Lomé, 193p.
- Kasongo Y. E., Monthe F. K., Nils B. *et al.* 2018. Le genre *Entandrophragma* (Meliaceae): taxonomie et écologie d'arbres africains d'intérêt économique (synthèse bibliographique). *Biotechnol Agron société Environ*, 22, 2, 1-15.
- Kasongo Y. E., Louppe D., Monthe F. K. *et al.* 2021. Improved management of species of the African *Entandrophragma* genus, now listed as vulnerable. *Bois et Forêts des Tropiques*, 349, 65-84.
- Koda K. D., Mamadou C., Kossi A. *et al.* 2019. Typology of coffee-based agroforestry systems in the semi-deciduous forest zone of Togo (West Africa). *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 11, 7, 199-211.
- Magurran A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Cambridge University press, Great Britain, 179 p.
- Mangenot G. 1955. Une formule simple permettant de caractériser les climats de l'Afrique intertropicale dans leurs rapports avec la végétation. *Revue Générale de Botanique*, 58, 353 p.
- Mbatudde, M., Majaliwa, G., Eilu, G. *et al.* 2013. Potential distribution of vulnerable *Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC. (Meliaceae) in East Africa. *African journal of ecology*, 51, 3, 471-481.
- Mc Cune B. & Grace J. B. 2003. Analysis of ecological communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 289, 303-305.
- Monthe F. K., Duminil J., Kasongo Yakusu E. *et al.* 2018. The African timber tree *Entandrophragma congoense* (Pierre ex De Wild.) A.Chev. is morphologically and genetically distinct from *Entandrophragma angolense* (Welw.) C.DC. *Tree Genetics & Genomes*, 14, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11295-018>.
- Raunkiaer C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, London, 632 p.
- Rondeux J. 1999. Forest inventories and biodiversity. *Unasylva*, 50,196, 35-41.
- Sinsin B. 1993. *Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au nord-Bénin*. Thèse Doctorat, Université Libre Bruxelles. 390 p.
- Sogo M., Etse K. D., Kamou H. *et al.* 2017. Caractéristiques germinatives des graines et vitesse de croissance des jeunes plants de deux espèces forestières au Togo : *Detarium senegalense* J. F. Gmel. (Fabaceae) et *Mansonia altissima* (A. chev.) A. Chev. (Sterculaceae). *Afrique SCIENCE*, 13, 4, 275 - 285.
- Sogo M., Etse K. D., Aliaki E. *et al.* 2021. Potentialités de régénération par graines, de multiplication in vitro et cinétique de croissance juvénile des plants de *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg (Moraceae). *Revue RAMReS, Série Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 9, 1, 42-46.
- Sogo M., Koda D. K. & Guelly K. A. 2022a. Usages, caractéristiques

- germinatives des graines et cinétique de croissance juvénile de *Entandrophragma angolense* au Togo. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 28, 1, 29-36.
- Sogo M., Atato A., Bawa A. *et al.* 2022b. Distribution, structure et usages de *Mansonia altissima* ; une espèce menacée dans les écosystèmes forestiers humides du Togo. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 24(3-4), 21-45.
- Tchamiè T.T.K. & Bouraïma M. 1997. Les formations végétales du plateau de Soudou-Dako dans la chaîne de l'Atakora et leur évolution récente. *Le Journal de Botanique*, 3, 1, 83-97.
- UICN 2019. The IUCN red list of threatened species. Version 2019a-2., 2019a. www.iucnredlist.org. Consulté le 4 octobre 2019.
- White F. 1986. La végétation d'Afrique. Mémoire accompagnant la Carte de la végétation d'Afrique, UNESCO/AETFA/UNSO, 384 p.
- White L. J. T. 2001. The African rain forest: climate and vegetation. In Weber W., White LJT., Veder N, Naughton-Treves L. (eds). African rain forest ecology and conservation on interdisciplinary perspective. Yale University Press, New Haven.
- Woegan A.Y. 2007. *Diversité des formations végétales ligneuses du Parc National de Fazao-Malfakassa et de la Réserve de Faune d'Alédjo (Togo)*. Thèse Doctorat, Université de Lomé, Togo, 144 p.
- Yedomonhan H., Houndagba C. J., Akoegninou A. *et al.* 2008. Structure et diversité floristique de la végétation des inselbergs du secteur méridional du Centre-Bénin. *Systematics and Geography of Plants* 78, 111-125.

Manuscrit reçu le 21/11/2024
Version révisée acceptée le 29/09/2025
Version finale reçue le 09/10/2025
Mise en ligne le 13/10/2025