

# Typologie et structure des systèmes agroforestiers de la zone soudanienne du Togo

## Typology and structure of agroforestry systems in the Sudanian zone of Togo

Djakambi Banlipo<sup>1\*</sup>, Dourma Marra<sup>1</sup>, Folega Fousseni<sup>1</sup>, Kombate Bimare<sup>1</sup>, Egbelou Hodabalo<sup>2</sup>, Robijaona Rahelivololoniaina Baholy<sup>3</sup>, Batawila Komlan<sup>1</sup>, Akpagana Koffi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LBEV), Département de Botanique, Faculté des Sciences (FDS), Université de Lomé (UL), 1 BP 1515 Lomé 1, Togo

<sup>2</sup>Institut National de Formation Agricole (INFA) de Tové, Département de Foresterie, BP 401 Kpalimé, Togo

<sup>3</sup>Département des Sciences et Techniques de l'Environnement en Génie de Procédés Chimiques et Industriels, Ecole Supérieure Polytechnique & Faculté Des Sciences, Lot II K 38 Bis Ankadivato, 101 Antananarivo, Université d'Antananarivo-Madagascar

(\*) : Auteur correspondant : [banlipodjakambi@gmail.com](mailto:banlipodjakambi@gmail.com)

**Comment citer l'article** : Djakambi Banlipo, Dourma Marra, Folega Fousseni, Kombate Bimare, Egbelou Hodabalo, Robijaona Rahelivololoniaina Baholy, Batawila Komlan, Akpagana Koffi (2023). Typologie et structure des systèmes agroforestiers de la zone soudanienne du Togo. *Rev Ecosystèmes et Paysages (Togo)*, 3(2) : 1–18, e-ISSN (Online) : 2790-3230

DOI

<https://doi.org/10.59384/recopays.tg3220>

**Reçu** : 1 octobre 2023

**Accepté** : 15 décembre 2023

**Publié** : 30 décembre 2023



**Copyright**: © 2023 by the authors.

Submitted for possible open access

publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY)

license

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

).

### Résumé

La question de sauvegarde des ressources ligneuses et la nécessité de satisfaire les besoins en produits vivriers d'une population en pleine croissance ont imposé à l'humanité la pratique de l'agroforesterie. La présente étude vise à contribuer à une meilleure connaissance des systèmes agroforestiers de la zone soudanienne du Togo face à une pression agrodémographique et climatique sans cesse croissante. Des inventaires floristiques, forestiers et écologiques ont été réalisés au sein de 346 placettes de 50 m x 50 m installées dans les agrosystèmes inventoriés via un échantillonnage stratifié suivant les 3 axes routiers les plus empruntés dans chaque localité choisie. Les analyses statistiques ont permis de discriminer, sur la base des gradients topographique et éco-floristique, dix types de systèmes agroforestiers caractérisant le paysage agraire de la zone soudanienne du Togo et organisés spatialement en auréoles plus ou moins concentriques autour des habitations. La structure en diamètre est en « L » tandis que la structure en hauteur est en cloche dissymétrique variée avec un coefficient de forme « c » compris entre 1 et 3,5 traduisant une abondance relative des individus de faibles diamètres et de hauteurs (moyennes et élevées). Au total 105 espèces réparties en 79 genres et 31 familles dont les plus représentées sont les Leguminosae-Mimosoideae, les Anacardiaceae, les Combretaceae, etc. *P. biglobosa*, *V. paradoxa*, *B. aethiopum* et *A. digitata* ont les indices de valeur d'importance les plus élevés avec respectivement 65,63% ; 59,12% ; 14,33% et 12,79%. La conjonction de facteurs anthropiques et environnementaux justifie la diversité des systèmes agroforestiers dans ladite zone. Il devient impérieux de mieux aménager et diversifier ces agrosystèmes via l'introduction des espèces résilientes, à usages multiples et fertilitaires aux fins de leur adoption à plus grande échelle et de leur contribution accrue tant à la durabilité qu'à la sécurité alimentaire.

### Mots clés

Agrosystèmes, typologie, structure démographique, zone soudanienne, Togo

---

## Abstract

The issue of safeguarding wood resources and the need to satisfy the food requirements of a growing population has forced mankind to adopt agroforestry. This study aims to contribute to a better understanding of agroforestry systems in the Sudanian zone of Togo in the face of ever-increasing agro-demographic and climatic pressure. Floristic, forest and ecological inventories were carried out in 346 plots of 50 m x 50 m installed in the agrosystems inventoried via a stratified sampling according to the 3 roads most used in each chosen locality. Statistical analyses enabled us to discriminate, on the basis of topographical and eco-floristic gradients, ten types of agroforestry system characterizing the agrarian landscape of the Sudanian zone of Togo and organized spatially in more or less concentric haloes around the dwellings. The diameter structure is L-shaped, while the height structure is a varied, asymmetrical bell shape with a shape coefficient "c" of between 1 and 3.5, reflecting the relative abundance of small-diameter, medium-height and tall trees. A total of 105 woody species divided into 79 genera and 31 botanical families, the most represented of which are Leguminosae-Mimosoideae, Anacardiaceae Combretaceae, etc. *P. biglobosa*, *V. paradoxa*, *B. aethiopicum* and *A. digitata* have the highest importance value indices, with 65.63%, 59.12%, 14.33% and 12.79% respectively. The combination of anthropogenic and environmental factors justifies the diversity of agroforestry systems in the area. It is becoming imperative to better manage and diversify these agrosystems through the introduction of resilient, multi-use and fertilizing species, with a view to their wider adoption and greater contribution to both sustainability and food security.

## Keywords

Agrosystems, typology, demographic structure, sudanese zone, Togo

---

## 1. Introduction

La présence des arbres dans les espaces cultivés constitue une caractéristique fondamentale des paysages agraires des régions tropicales qui sont à la base de la notion de systèmes agroforestiers, une pratique non seulement très ancienne mais aussi très répandue (Sautter & Pélissier, 1964 ; Wala *et al.*, 2005). Il s'agit des systèmes traditionnels d'utilisations des terres dans lesquels les végétaux ligneux sont délibérément conservés en association avec les cultures et/ou l'élevage dans un arrangement spatio-temporel (Boffa, 2000) et où existent à la fois des interactions écologique et socioéconomique entre les ligneux et les autres composantes du système. En Afrique Subsaharienne, les modes de vie actuels des populations locales sont fortement dépendants des ressources naturelles en particulier les ressources ligneuses qui interviennent dans la satisfaction des besoins alimentaire, sanitaire, énergétique et économique (Ganaba *et al.*, 2005 ; Woegan *et al.*, 2013). Cependant, au cours de ces dernières décennies, les espèces ligneuses et leurs habitats subissent de multiples pressions mettant en danger l'équilibre des écosystèmes (Teyssède, 2004), les appauvrit et restreint par conséquent les opportunités de profiter de leurs services voire menaçant leur survie. Ces menaces préoccupent les pouvoirs publics qui mettent en place des programmes de conservation et de gestion durable pour renverser les tendances de la dégradation accélérée de ces ressources ligneuses (Mahamane *et al.*, 2007).

Au Togo plusieurs initiatives nationales ont été prises pour la mise en œuvre d'une gestion durable des espaces naturels, fixant l'objectif d'atteindre 30% de couverture forestière à l'horizon 2050. Or, les processus de transformation des formations végétales ont abouti à des forêts dégradées et à des espaces assignés aux cultures ayant une structure et une composition floristique modifiées en fonction des caractéristiques et contraintes originelles d'ordre édaphique, climatique, géomorphologique, culturel, socioéconomique et politique (Kombate *et al.*, 2019 ; Andou, 2021). Ainsi, le Togo fait partie dorénavant des pays ayant le plus fort taux de déforestation annuel au monde estimé à 0,42%, soit 5 679 ha/an (MEDPN/REDD+, 2020). L'agroforesterie étant connue et pratiquée depuis des générations par les paysans qui ont eu l'habitude de conserver, au sein de leur terroir agricole, plusieurs espèces d'arbres et d'arbustes (Boukpepsi, 2013), les espaces agraires occupent le premier rang et couvrent plus du double de la superficie forestière en suivant les catégories d'utilisation totale des terres d'après l'inventaire forestier national effectué en 2016 (MERF/IFN, 2016). Seuls ces espaces agraires témoignent encore les empreintes d'un couvert forestier plus ou moins dense constituant ainsi des zones non seulement de conservation de la biodiversité et une source importante de biens et services, mais aussi favorables à une gestion durable des terres (Pélissier, 1979). Cette forte répartition géographique, mettant en évidence le rôle crucial des ressources

naturelles, interpellé du même coup sur la nécessité de placer la gestion de telles ressources au centre des programmes de réduction de la pauvreté en milieu rural (FIDA, 2005).

Aujourd'hui, les paysages agraires dont la pérennité est menacée évoluent dans un environnement qui subit des transformations rapides et inquiétantes marquées par la baisse de la fertilité et de la productivité des sols ainsi que l'appauvrissement des populations rurales ancrées dans une insécurité alimentaire notoire exacerbée par des épisodes de sécheresses intenses à l'instar de la zone soudanienne du Togo. Les principales causes sont la démographique galopante conjuguée à la faible planification agricole du développement du territoire (Folega *et al.*, 2019), à l'adoption de pratiques et développement de chaînes de valeur agricole non durable (Badabaté *et al.*, 2012) à l'intensification de la carbonisation (Kaina *et al.*, 2021) et aux conflits d'usages des terres surtout entre agriculteurs et pasteurs (Sokemawu, 2015 ; Amegnaglo *et al.*, 2018) de même qu'au manque de prise en compte des considérations socioéconomiques et ethniques qui constituent des contraintes de gestion durable et de valorisation des ressources ligneuses (Bériname *et al.*, 2021).

La nécessité d'améliorer de façon durable la gestion des systèmes agroforestiers (SAF) gage d'un outil important de résilience des populations contre les défis anthropiques et les effets futurs des changements climatiques, fait appel à une compréhension tant de la typologie que de la structure de ces systèmes afin de promouvoir une agriculture durable et résiliente. Or, l'analyse de la diversité et de la multifonctionnalité des systèmes agroforestiers ont fait l'objet de plusieurs études au Togo (Houngbedji, 2008 ; BoukpeSSI, 2013 ; Folega *et al.*, 2019 ; Bakker *et al.*, 2022). D'autres études et recherches ont porté sur la caractérisation des espèces agroforestières (Sautter & Pélissier, 1964 ; Kebenzikato *et al.*, 2014 ; Koumoui & Lare, 2014 ; Agbogou *et al.*, 2015 ; Padakale *et al.*, 2015 ; Samarou *et al.*, 2022) de même que le rôle des SAF dans la conservation de l'agro-biodiversité et la satisfaction des besoins vitaux des populations rurales (Dao *et al.*, 2021 ; Atakpama *et al.*, 2022). Malgré cette diversité de sujets d'étude, il manque une synthèse comparée, à l'échelle de la zone soudanienne, de la typologie et de la structure de ces systèmes en fonction des facteurs écologiques, géographiques, topographiques et des préférences des agriculteurs.

La présente étude se base sur l'hypothèse selon laquelle la typologie et la structure des systèmes agroforestiers dans la zone soudanienne du Togo sont influencées par des facteurs tels que la diversité des cultures, les pratiques agricoles traditionnelles, les contraintes environnementales, les facteurs topographiques et les préférences des agriculteurs.

La principale question à laquelle elle tente de répondre est la suivante. Quelles sont la typologie et la structure des systèmes agroforestiers dans la zone soudanienne du Togo et quels sont les facteurs qui influencent leur formation et leur organisation ? Les réponses à ces questions pourraient être utilisées pour orienter les stratégies de conservation de la biodiversité et pour une gestion pérenne de ces formations végétales.

La présente étude vise à contribuer à une meilleure connaissance des systèmes agroforestiers de la zone soudanienne du Togo face à une pression agrodémographique et climatique sans cesse croissante. Il s'agit spécifiquement de : (i) identifier les types de systèmes agroforestiers existants dans la zone soudanienne du Togo et (ii) caractériser la structure de chaque type de systèmes agroforestiers.

## 2. Matériel et Méthode

### 2.1. Présentation du milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans la zone soudanienne du Togo située entre les parallèles 8°30' et 11° de latitude Nord et les méridiens 0° et 1°30' de longitude Est (Issa *et al.*, 2018 ; Samarou *et al.*, 2021). Elle couvre trois régions administratives que sont la région des Savanes, la région de la Kara et en partie la région Centrale (Padakale *et al.*, 2015 ; Badjaré *et al.*, 2018). Elle appartient au domaine phytogéographique soudanien (White, 1986) et prend en écharpe les zones écologiques I et II du pays défini selon (Ern, 1979). En référence au document sur la stratification du Togo en zones homogènes pour la recherche agronomique réalisée par l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA, 2009) et sur la base d'une carte des sous-zones agroécologiques du Togo réalisée à l'aide des données du Centre d'Excellence Régional de Formation et d'Application en Agro-météorologie et Hydrologie Opérationnelle (AGRHYMET) (Kintche, 2011), quatre (04) sous-zones se dégagent de la zone soudanienne du Togo notamment : - sous-zone des Pénéplaines et Buttes Cuirassées du Nord ; - sous-zone des Plateaux et Cuesta ; - sous-zone des Plaines de l'Oti et de Kara ; et - sous-zone Montagneuse.

La zone soudanienne du Togo est sous le joug d'un climat de type tropical soudanien caractérisé par une saison pluvieuse de mai à octobre et à une saison sèche, de novembre à avril. Les précipitations varient entre 800 et 1300 mm/an et les températures oscillent entre 15°C et 39°C en saison sèche puis entre 22°C et 34°C en saison des pluies (Samarou *et al.*, 2021). Cette zone est caractérisée par un relief formé de plaines et de plateaux aux basses altitudes dont les plus hautes varient de 120 à 200 m dans les plaines, de 200 à 250 m d'altitude dans la pénélaine et buttes cuirassées et de 250 à 400 m dans les plateaux et Cuesta voire de 400 à 500 m d'altitude dans la zone montagneuse (Addra *et al.*, 1994 ; Dourma *et al.*, 2012 ; Djame, 2019). Ce relief irrégulier surplombe les couvertures épimétamorphiques et sédimentaires d'orientation sud-ouest/nord-est avec des sols ferrugineux et ferrallitiques tropicaux dominants (Issa *et al.*, 2018).

La population totale de la zone soudanienne était d'environ 2 560 704 habitants en 2022 d'après les résultats du 5<sup>ème</sup> recensement général de la population et de l'habitat effectuée en novembre 2022 (INSEED, 2022). Cette population regroupe plusieurs groupes

socioculturels dont les plus représentés sont : Gam-gam, Tamberma, Yanga, Tchokossi, Moba, Peulhs, Gourmantché, Natchaba, Konkomba, Bassar, Lamba, Nawdba, Kabyè, Tem et Agnanga (Gayibor, 1997 ; Issa et al., 2018 ; Samarou et al., 2021).

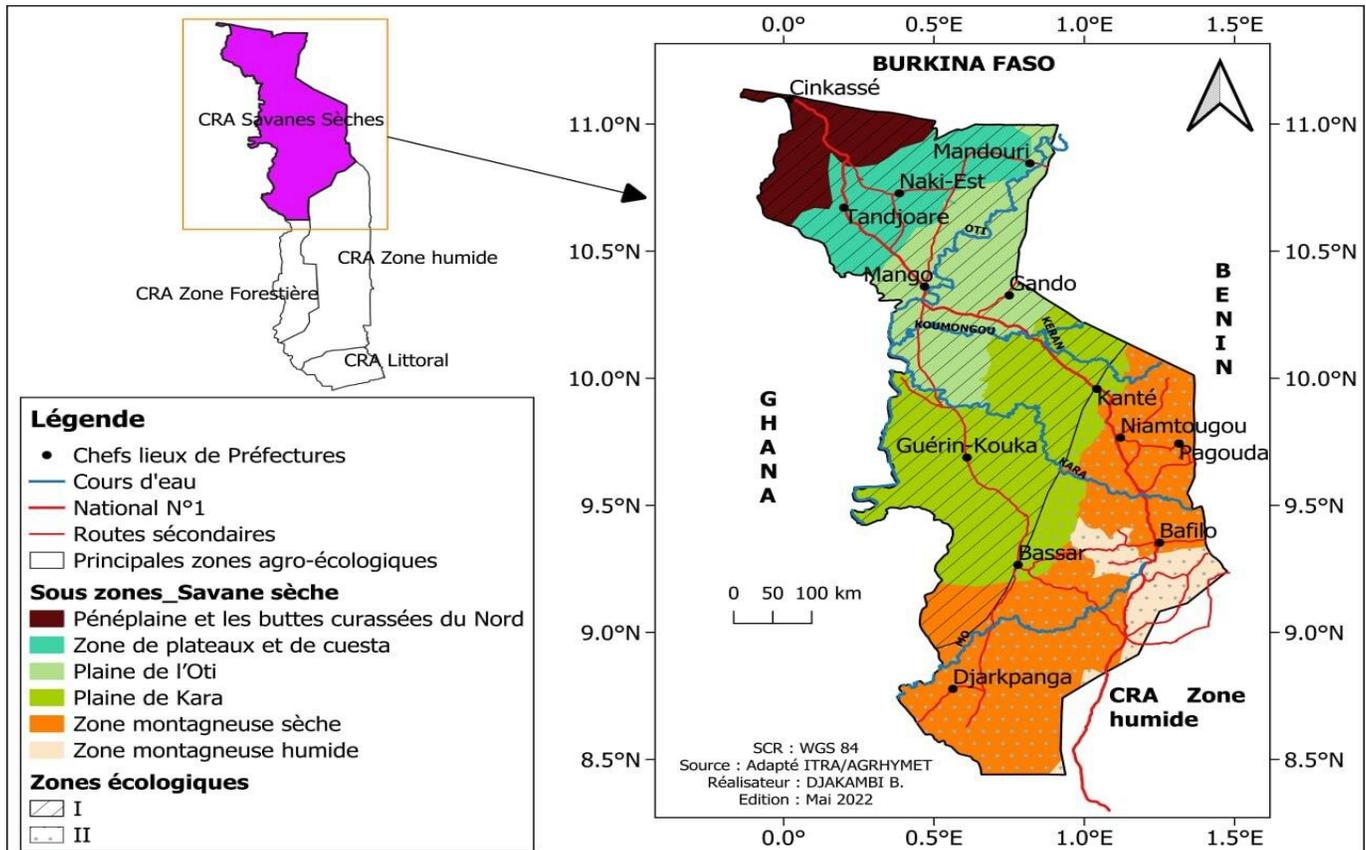


Figure 1 : Situation de la zone soudanienne au Togo

Sur le plan socio-économique, diverses activités en majorité relevant essentiellement du secteur agricole sont pratiquées dans la zone soudanienne : l'agriculture, l'élevage et les produits de cueillette des fruitiers (Atato et al., 2021). Ainsi, on note une dominance de formations anthropogènes, notamment les parcs agroforestiers à base d'espèces ligneuses à usages multiples tels que : des parcs à rônier, à karité, à baobab, à néré, à *Daniellia oliveri*, à *Khaya senegalensis*, etc. (Kebenzikato et al., 2014 ; Padakale et al., 2015 ; Issa et al., 2018 ; Atakpama et al., 2022). Outre ce secteur agricole, le commerce y est également développé.

## 2.2. Collecte de données

Les données ont été collectées dans les différents espaces agraires de la zone soudanienne. Les sites d'échantillonnage et leurs localités correspondantes ont été déterminés en dehors des cours et plans d'eau ainsi que des forêts classées (Atakpama et al., 2022). Dans chaque localité, l'inventaire linéaire basé sur un échantillonnage stratifié a pris en compte les 3 axes routiers les plus empruntés pour détecter tous les systèmes agroforestiers dans les agrosystèmes répertoriés le long de ces axes (Natta et al., 2012).

Les critères de typologie utilisés étaient (i) la distance "d" entre habitation et parcelles agroforestières (parcelles proches des habitations " $d < 50$  m" ; parcelles comprises entre " $50 < d \leq 2000$  m (2 km)" et parcelles éloignées des habitations " $d > 2$  km" (Sidikou, 1974 ; Loireau, 1998) ; (ii) la composition floristique (parcelles agroforestières dominées par une ou plus d'une espèce ligneuse) ; (iii) l'arrangement spatio-temporel des cultures annuelles et ligneuses pérennes (Akplou et al., 2019).

Dans chaque système agroforestier, des inventaires floristiques et forestiers et écologiques ont été réalisés dans des placettes carrées de 50 m x 50 m (2500 m<sup>2</sup>) installés de façon aléatoire dans les agrosystèmes (Natta et al., 2012 ; Boukpepsi, 2013 ; Wala, 2013 ; Akplou et al., 2019) à raison de cinq (05) placettes par axe routier soit 15 placettes par localité choisie. Au total, 346 placettes ont été posées.

Les données collectées au sein de chaque placette sont : le nom des espèces inclus celui des cultures associées suivant la flore analytique du Togo (Brunel J. *et al.*, 1984), la flore analytique du Bénin (Akoègninou *et al.*, 2006) et des Ligneux du Sahel (Arbonnier, 2009), le diamètre moyen des arbres à 1,30 m du sol ( $dbh \geq 5$  cm) à l'aide d'un ruban à graduation Pi et les hauteurs totales et fût des arbres à l'aide d'un clinomètre SUUNTO. Le nom scientifique des espèces et leur famille ont été actualisés selon les recommandations de l'Angiosperm Phylogeny Group IV (APG-IV, 2016). Des échantillons d'espèces non identifiées sur le terrain ont été récoltés afin d'être déterminés au Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale et à l'Herbarium de l'Université de Lomé. Toutes les espèces ligneuses ont été affectées d'un coefficient d'abondance-dominance suivant l'échelle de Braun-Blanquet (1932) (+ : espèce rare, recouvrement de 0 à 1% ; 1 = recouvrement de 1 à 5% ; 2 = recouvrement de 5 à 25% ; 3 = recouvrement de 25 à 50% ; 4 = recouvrement de 50 à 75% ; 5 = recouvrement de 75 à 100%). En dehors de données floristiques et forestières, chaque relevé a été caractérisé par des descripteurs écologiques notamment la position topographique du relevé, le type de substrat, la pente, etc. (Kombate B. *et al.*, 2020).

### 2.3. Analyse des données

#### ❖ Typologie des systèmes agroforestiers

Les données collectées ont été saisies dans le tableur Microsoft Excel 2016 et une matrice « relevés x espèces » a été réalisée sur la base de la présence/absence des espèces avec en ligne les espèces et en colonnes les relevés. Cette matrice a été soumise à une analyse multivariée dont la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) suivant la méthode Ward's (Kebenzikato *et al.*, 2014 ; Akplo *et al.*, 2019 ; Atakpama *et al.*, 2022). Cette analyse a permis de discriminer les systèmes agroforestiers suivant la topographie, la diversité et les paramètres écologiques. Parmi ces paramètres écologiques, le gradient d'aridité selon UNEP, (1997), qui évalue les conditions de sécheresse d'une zone spécifique à l'aide de variables telles que les précipitations et l'évapotranspiration afin de fournir une mesure relative de l'aridité indéniable dans la sélection des espèces végétales appropriées et des pratiques de gestion adaptées lorsqu'il s'agit d'agrosystèmes, a été calculé via la formule ci-après (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Présentation de la formule de l'Indice d'Aridité selon UNEP, (1997)

N°	Formule	Sources
01	Indice d'aridité (IA) : $IA = \frac{P}{ETP}$ , Avec, P : précipitation annuelle moyenne en mm ; ETP : évapotranspiration potentielle annuelle moyenne en mm	✓ Indice d'Aridité UNEP, 1997 ✓ Mokhtari <i>et al.</i> , 2013

Dans la présente étude, cet indice a été utilisé en conjonction avec d'autres facteurs tels que le type de sol, la température, la topographie, le niveau de risque d'érosion, l'altitude, l'humidité relative et les contraintes socio-économiques pour discriminer les types de systèmes agroforestiers identifiés dans la zone soudanienne. C'est une approche intégrée qui prend en compte ces facteurs suscités afin de concevoir des systèmes agroforestiers adaptés aux conditions spécifiques d'une zone où l'eau est une ressource limitée (Jouve, 1984) à l'instar de la zone soudanienne du Togo.

#### ❖ Bilan floristique

La diversité floristique des groupements discriminés a été appréciée au moyen des indices de diversité les plus utilisés ci-après (**Tableau 2**).

Tableau 2. Présentation des formules de diversités floristiques

N°	Formules	Sources
01	Richesse spécifique (Rs) : $Rs = S$ , Avec, S= nombre d'espèces	Vanpeene-Bruhier S. <i>et al.</i> , 1998
02	Indice de diversité de Shannon ( $I_{sh}$ ) : $I_{sh} = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{n_i}{n} \right) \log_2 \left( \frac{n_i}{n} \right)$ , Avec, $n_i$ : l'effectif de l'espèce i, n : l'effectif total, $s=1$ nombre d'espèces	Shannon C.E. & Weaver W., 1963
03	Indice d'équitabilité de Pielou (Eq) : $Eq = \frac{I_{sh}}{H_{max}}$ , Avec $H_{max} = \log_2 S$ .	Madani B. <i>et al.</i> , 2014
04	Indice de valeur d'importance des espèces (IVI) : $IVI = \text{Dominance relative} + \text{Fréquence relative} + \text{Densité relative}$ L'IVI varie de 0 à 300 % et traduit le pourcentage d'importance.	✓ Cottam & Curtis, 1956 ✓ Nusbaumer, 2003

#### ❖ Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers

Les paramètres dendrométriques caractéristiques des systèmes agroforestiers discriminés ont été évalués par calcul arithmétique suivant les formules ci-après :

- **Diamètre moyen des tiges ( $D_g$ )** a été calculé par la formule suivante :

$$D_g = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$$

Avec  $d_i$  le diamètre à hauteur de poitrine en cm de l'arbre  $i$  de la placette considérée et  $n$  le nombre d'arbres dans la placette.

- **Hauteur moyenne ( $H_m$ )** :  $H_m = \frac{\sum h_i}{N_i}$
- **Surface terrière moyenne ( $G$ )** a été déterminée par la formule (Glèlè-Kakai et Sinsin, 2009) :

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

Avec  $s$  la surface totale inventoriée en ha du système agroforestier considéré.

- **Densité des arbres des systèmes agroforestiers ( $D$ )** a été déterminée par la formule :

$$D = \frac{N_i}{S_i} \times 0,0001$$

, avec  $N_i$  le nombre d'arbres inventoriés au sein des placettes d'un système agroforestier et  $S_i$  = surface de la placette.

Par ailleurs, l'analyse de la structure en diamètre et en hauteur a été faite à l'aide de Microsoft Excel® 2016 couplé à Minitab 16. La structure de chaque type de parc discriminé a été approchée par l'ajustement de la répartition par classes de diamètre des individus à la distribution de Weibull à trois paramètres (Husch et al., 2003 ; Bonou et al., 2009) où la fonction de densité ( $f$ ) est exprimée en fonction du diamètre ( $x$ ) suivant la formule :

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

où ( $x$ ) est le diamètre ou la hauteur des arbres, ( $a$ ) est le paramètre de position, ( $b$ ) est le paramètre d'échelle ou de taille, et ( $c$ ) est le paramètre de forme lié à la structure observée.

### 3. Résultats

#### 3.1. Typologie des systèmes agroforestiers

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) de 346 relevés suivant la méthode Ward's a permis de discriminer deux grands groupes de relevés (**G1** et **G2**) sur la base des gradients topographique et éco-floristique. Au seuil de 5% chaque groupe de relevés est subdivisé en cinq (05) types de systèmes agroforestiers dont : les parcs agroforestiers mixtes à *Vitellaria paradoxa* et *Anacardium occidentale* (**G1.1**); les parcs agroforestiers mono-spécifiques à *Anacardium occidentale* (**G1.2.1**); les systèmes Taungya à *Anacardium occidentale* (**G1.2.2**) ; les parcs agroforestiers mono-spécifiques à *Parkia biglobosa* (**G1.3**) ; les parcs agroforestiers mixtes à *Parkia biglobosa* et *Vitellaria paradoxa* (**G1.4**) pour le groupe 1 (**G1**) correspondant à la zone écologique II, alors que les jachères simples (**G2.1**) ; les parcs agroforestiers mono-spécifiques à *Vitellaria paradoxa* (**G2.2**); les jardins de case (**G2.3.1**) ; les parcs agroforestiers monospécifiques à *Borassus aethiopum* (**G2.3.2**) et les parcs agroforestiers mixtes à *Borassus aethiopum* et *Vitellaria paradoxa* (**G2.4**) pour le groupe 2 (**G2**) correspondant à la zone écologique I (**Figure 2**).

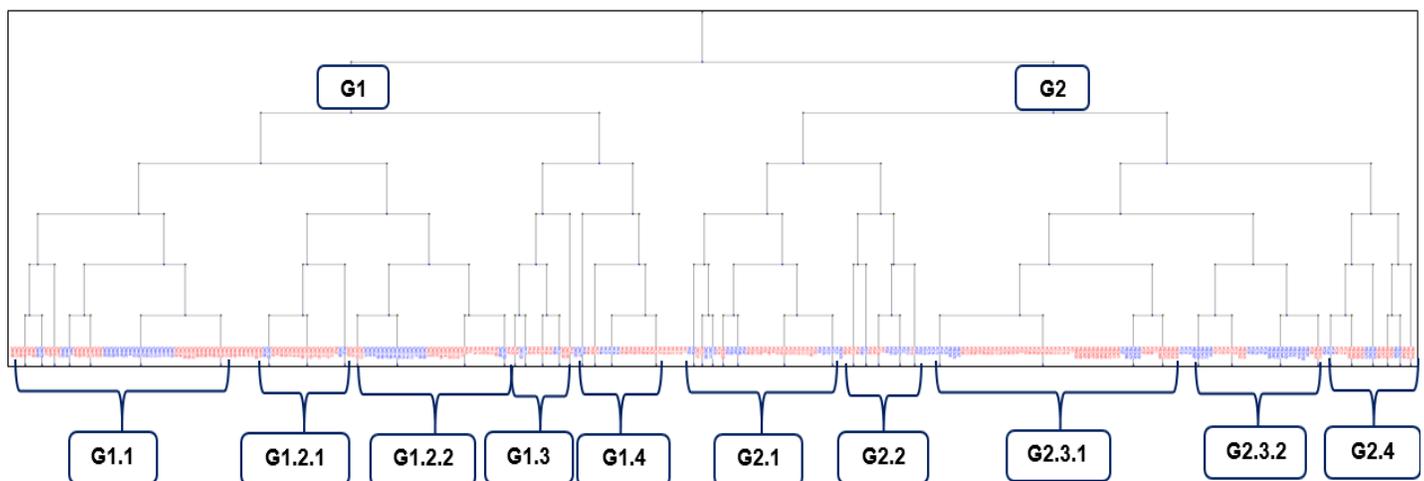


Figure 2 : Typologie des systèmes agroforestiers

### 3.2. Types de systèmes agroforestiers de la zone écologique II

**Le groupe I (G1)** regroupe plus les systèmes agroforestiers inventoriés dans la zone écologique II qui correspond à une zone montagneuse avec des altitudes élevées variant de 400 à 500 m. L'indice d'aridité calculé est élevé et varie de 0,51 à 0,65, caractérisant ainsi une zone subhumide sèche avec des moyennes annuelles de précipitations et d'humidités relativement élevées. Les systèmes agroforestiers pratiqués par les agriculteurs dans cette zone sont :

#### G1.1. Parcs agroforestiers mixtes à *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. ssp. *paradoxa* et *Anacardium occidentale* L.

Les parcs agroforestiers mixtes à *V. paradoxa* (karité) et *A. occidentale* L. (noix de cajou) sont des systèmes d'aménagement des terres qui combinent la culture d'arbres fruitiers à usage plus commercial avec la production agricole qu'on rencontre au-delà des jardins créoles surtout dans les auroles externes. Ces deux arbres peuvent être intégrés dans un même système agroforestier pour une utilisation synergique des terres et des ressources. Constitués de 25 relevés, ces systèmes sont plus rencontrés dans la zone écologique II plus précisément dans la zone montagneuse subhumide. Les cultures annuelles telles que (maïs, sorgho, manioc, haricot, igname, soja, etc.) sont souvent associées à ce type d'agrosystème. Outre ces deux espèces dominantes dans ce dernier, la ressource ligneuse associée comprend : *Isobertia doka*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Khaya senegalensis*, *Azalia africana*, *Elaeis guineensis*, *Vitex doniana*, *Daniellia oliveri*, *Tectona grandis*, *Mangifera indica*, *Pericopsis laxiflora*, etc.

##### G1.2.1. Parcs agroforestiers mono-spécifiques à *Anacardium occidentale* L.

Les parcs mono-spécifiques à *A. occidentale* L. sont caractérisés par la dominance de l'espèce ligneuse *A. occidentale*. Ce sont des systèmes mis en place par les agriculteurs pour répondre aux besoins spécifiques de la culture de la noix de cajou. Constitués de 15 relevés et généralement rencontrés dans les auroles externes au-delà de deux (02) kilomètres des habitations, ces systèmes sont plus répertoriés dans la zone écologique II plus précisément dans la zone montagneuse subhumide. La ressource ligneuse associée à ce type de parc est caractérisée par : *Isobertia doka*, *V. paradoxa*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Elaeis guineensis*, *Tectona grandis*, *Mangifera indica*, etc. La culture d'igname est plus adaptée à ce système même en âge adulte alors que les autres cultures annuelles (maïs, sorgho, haricot, etc.) ne sont associées qu'en jeune âge du système.

##### G1.2.2. Systèmes Taungya à *Anacardium occidentale* L.

Contrairement aux parcs agroforestiers, les taungya font plus l'objet d'une attention particulière de la part des producteurs et les cultures annuelles sont choisies sur des critères bien définis et associées à durée déterminée. Les critères de choix des cultures sont surtout l'âge des anacardiens et le type de culture (exigences écologiques). La durée de l'association est en moyenne de sept (07) ans pour l'anacardier. Également rencontrés dans les auroles externes au-delà de deux (02) kilomètres des habitations et constitués de 13 relevés avec plus de 95% des pieds d'anacardiens, les taungya à *A. occidentale* se répartissent sur toute la zone soudanaise avec une forte concentration dans la zone montagneuse subhumide plus précisément dans les préfectures d'Assoli, de Tchoudjo et de Tchamba. La culture d'igname est plus adaptée à ce système même en âge adulte alors que les autres cultures annuelles (maïs, sorgho, haricot, etc.) ne sont associées qu'en son jeune âge.

#### G1.3. Parcs agroforestiers mono-spécifiques à *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex Benth

Les parcs à *Parkia biglobosa* sont caractérisés par la dominance de *P. biglobosa*. Ce type de parc serait aménagé de manière à combiner la culture de *P. biglobosa* avec d'autres plantes préservées dans les champs en vue d'intégrer des systèmes agricoles durables au-delà des jardins de case surtout dans les auroles externes au-delà de deux (02) kilomètres des habitations. Les cultures vivrières telles que : maïs, sorgho, mil, soja, haricot, etc. et/ou solanacées sont rencontrées dans ce parc. Constitués de 21 relevés, ces systèmes sont répartis dans toute la zone soudanaise du Togo avec une prépondérance dans la zone montagneuse sèche. Outre cette espèce dominante, la ressource ligneuse associée comprend : *V. paradoxa*, *Anogeissus leiocarpus*, *Isobertia doka*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Khaya senegalensis*, *Elaeis guineensis*, *Azalia africana*, *Vitex doniana*, *Daniellia oliveri*, *Tectona grandis*, *Ceiba pentandra*, *Mangifera indica*, etc.

#### G1.4. Parcs agroforestiers mixtes à *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex Benth et *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. ssp. *Paradoxa*

Un parc agroforestier qui intègre deux espèces indigènes d'Afrique tropicale avec des caractéristiques environnementales bénéfiques. *P. biglobosa* est une légumineuse capable de fixer l'azote atmosphérique, améliorant ainsi la fertilité du sol alors que *V. paradoxa*, possède des racines profondes qui aident à prévenir l'érosion du sol. Constitué de 35 relevés et répandu dans toute la zone soudanaise du Togo, ce type de parc est fortement représenté dans la zone écologique II surtout au-delà des jardins de case. Les cultures annuelles telles que (maïs, sorgho, haricot, igname, soja, etc.) sont souvent associées à ce type d'agrosystème. Outre ces deux espèces dominantes, la ressource ligneuse associée comprend : *Daniellia oliveri*, *Bombax costatum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Elaeis guineensis*, *Azalia africana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Khaya senegalensis*, *Vitex doniana*, *Mangifera indica*, *Ceiba pentandra*, etc.

### 3.3. Typologie des systèmes agroforestiers de la zone écologique I

**Le groupe 2** par contre regroupe plus les systèmes inventoriés dans la zone écologique I qui correspond à une zone de basses altitudes variables allant de moyennement élevées dans les plateaux et cuesta (250 à 400 m) à très faiblement élevées dans les plaines de l'Oti et de Kara (120 à 200 m) en passant à faiblement élevées dans les pénéplaines et buttes cuirassées dont les altitudes varient de 200 à 250 m. L'indice d'aridité calculé varie de  $0,21 < I < 0,50$  pour les zones semi-arides à l'instar des plaines de l'Oti et de Kara ainsi que des plateaux et cuesta et de  $0,05 < I < 0,20$  pour la zone aride dont les pénéplaines et buttes cuirassées à l'extrême nord-ouest du pays. Les systèmes agroforestiers pratiqués par les agriculteurs dans cette zone sont :

#### G2.1. Jachères simples

Les jachères simples sont des systèmes marqués par une alternance suivant un arrangement spatio-temporel d'espèces ligneuses et de cultures annuelles qu'on rencontre généralement dans les auréoles externes au-delà de deux (02) kilomètres des habitations. Ce sont des systèmes qui représentent une pratique très ancienne où les terres sont abandonnées après épuisement de leur fertilité en vue de leur restauration. La durée d'une jachère qui pouvait aller à plus de 10 ans, il y'a de cela quelques années, de nos jours, cette durée ne dépasse guère 5 ans à cause de l'essor démographique. On y distingue une variété d'espèces ligneuses spontanées et/ou exotiques. Les espèces rencontrées dans ces jachères sont *Lannea acida*, *Terminalia spp.*, *Parkia biglobosa*, *Sclerocarya birrea*, *Detarium microcarpum*, *Daniellia oliveri*, *Sterculia setigera*, *Vitellaria paradoxa*, *Entada africana*, *Prosopis africana*, *Combretum spp.*, *Pterocarpus erinaceus*, *Piliostigma thonningii*, *Ceiba pentandra*, *Acacia spp.*, *Pseudoacacia kotschyi*, *Crossopteryx febrifuga*, *Gardenia ternifolia*, *Faidherbia albida*, etc. Constitués d'un total de 37 relevés, ces systèmes sont fortement répertoriés dans la zone écologique I notamment dans les plaines de l'Oti et de Kara.

#### G2.2. Parcs agroforestiers mono-spécifiques à *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. ssp. *Paradoxa*

Ce sont des systèmes dont l'espèce dominante est *V. paradoxa* généralement rencontré dans les auréoles externes et très sporadiquement dans les jardins de case. Ce type de parc peut jouer un rôle important dans la conservation des sols, la régulation de l'eau, la protection de la biodiversité et la séquestration du carbone. Le système est réparti dans toute la zone soudanienne du Togo avec une forte concentration dans les basses altitudes correspondant à la zone écologique I et est constitué d'un total de 18 relevés. Les espèces ligneuses souvent rencontrées dans ce parc sont entre autres : *V. paradoxa*, *P. biglobosa*, *B. aethiopicum*, *Sclerocarya birrea*, *Detarium microcarpum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Daniellia oliveri*, *Khaya senegalensis*, *Bombax costatum*, *Lannea microcarpa*, *Vitex doniana*, *Faidherbia albida*, *Strychnos spinosa*, *Crossopteryx febrifuga*, *Ficus spp.*, etc. Les espèces annuelles cultivées ci-après sont recensées dans ce type de parc : maïs, sorgho, mil, arachide, soja, haricot, voandzou, sésame, coton, riz, etc.

#### G2.3.1. Jardins de case

Ce sont des systèmes agroforestiers qu'on retrouve à proximité (10 à 50 m) des habitations et gérés par une main d'œuvre surtout familiale. Ils se distinguent par une diversité d'espèces ligneuses d'importance socio-culturelle majeure telles que *Adansonia digitata*, *Borassus aethiopicum*, *Mangifera indica*, *Blighia sapida*, *Azadirachta indica*, *Hyphaene thebaica*, *Jatropha curcas*, etc. Constitués de 51 relevés et bien que présents dans les deux zones écologiques, ces micro-écosystèmes sont fortement rencontrés dans la zone écologique I. Les espèces annuelles cultivées recensées dans ces jardins (maïs, sorgho, patate douce, etc.) sont souvent associées à des plantes légumières (*Amaranthus spinosus*, *Hibiscus esculentus*, *Capsicum sp.*, *Solanum aethiopicum*, *Lycopersicon esculentum*, etc.).

#### G2.3.2. Parcs agroforestiers monospécifiques à *Borassus aethiopicum* Mart.

Ce sont des systèmes d'aménagement mis en place au-delà des jardins créoles pour répondre aux besoins spécifiques de *Borassus aethiopicum* Mart et exploiter ses avantages multiples. Constitués de 49 relevés, ce sont des parcs ubiquistes aux deux zones écologiques avec une forte concentration dans les zones semi-arides et arides notamment de la zone écologique I. Quelques espèces ligneuses caractéristiques associées dans ce système : *B. aethiopicum*, *Azadirachta indica*, *A. digitata*, *P. biglobosa*, *V. paradoxa*, *mangifera indica*, *Lannea microcarpa*, *Acacia spp.*, *Balanites aegyptiaca*, *Khaya senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Bombax costatum*, *Faidherbia albida*, *Strychnos spinosa*, etc. A ces espèces ligneuses s'ajoutent les cultures annuelles à savoir (maïs, sorgho, mil, arachide, soja, haricot, voandzou, sésame, coton, riz, etc.).

#### G2.4. Parcs agroforestiers mixtes à *Borassus aethiopicum* Mart. et *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. ssp. *paradoxa*

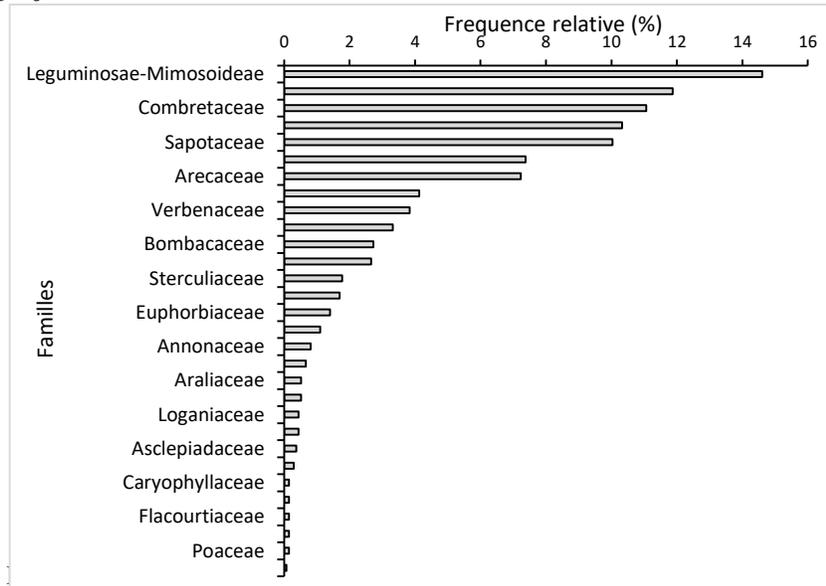
Un parc agroforestier mixte à *B. aethiopicum* et *V. paradoxa* est un système caractérisé par une dominance partagée de ces deux arbres indigènes d'Afrique subsaharienne que l'on retrouve dans les auréoles situées au-delà de 50 m des habitations. La combinaison de ces deux espèces peut être une solution durable pour la production alimentaire, la conservation des sols, la diversification des revenus et la résilience face aux défis du changement climatique. Bien qu'ubiquiste aux deux zones écologiques et constituées de 41 relevés, ce système, est plus rencontré dans la zone écologique I plus précisément dans les zones des plateaux

et cuesta ainsi qu'en partie dans la sous-zone des pénéplaines et buttes cuirassées du Nord. Les espèces ligneuses caractéristiques ci-après sont associées à ce système notamment : *Azadirachta indica*, *P. biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Bombax costatum*, *Burkea africana*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia* spp., *Strychnos spinosa*, etc. A ces espèces précitées s'ajoutent (maïs, sorgho, mil, arachide, soja, haricot, voandzou, sésame, coton, riz, etc.) comme cultures annuelles.

### 3.4. Bilan floristique et caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers

#### Diversité floristique des systèmes agroforestiers

L'analyse de la composition floristique révèle que 105 espèces réparties en 79 genres appartenant à 31 familles botaniques ont été recensées dans les systèmes agroforestiers de la zone soudanienne du Togo. Le nombre d'espèces par famille varie de 1 à 15. Les familles les plus représentées sont les Leguminosae-Mimosoideae 14,60 %, les Anacardiaceae 11,87 %, les Combretaceae 11,06 %, les Leguminosae-Caesalpinioideae 10,32 % et les Sapotaceae 10,03 % ; etc. (Figure 3).



Quant à ce qui concerne la distribution des fréquences des espèces ligneuses rencontrées dans la zone soudanienne du Togo, les espèces les plus fréquentes sont entre autres : *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. ssp. *paradoxa* (9,93 %), *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex Benth. (8,83 %), *Borassus aethiopum* Mart. (5,62 %), *Adansonia digitata* L. (5,26 %), etc. Ces espèces ligneuses ont des indices de valeur d'importance les plus élevés avec respectivement 65,63% ; 59,12% ; 14,33% et 12,79%. Les autres espèces sont très peu représentées.

Les paramètres de diversité varient d'un système agroforestier à l'autre (Tableau 3). La richesse spécifique au sein des systèmes agroforestiers varie de 4 dans les systèmes Taungya à *A. occidentale* à 51 dans les jachères simples. Les indices de diversité de Shannon et d'Equitabilité de Piélou sont plus élevés dans les jardins de case ( $H' = 4,06$  bits et  $Eq = 0,65$ ) et jachères simples ( $H' = 4,57$  bits et  $Eq = 0,73$ ) comparativement aux autres systèmes agroforestiers.

Tableau 3. Bilan floristique des systèmes agroforestiers

Types de systèmes agroforestiers	Richesse spécifique	Indice de Shannon (bits)	Equitabilité de Piélou
G1.1	35	3,58	0,57
G1.2.1	12	1,8	0,29
G1.2.2	4	0,29	0,045
G1.3	22	2,29	0,36
G1.4	31	3,08	0,49
G2.1	51	4,57	0,73
G2.2	17	2,06	0,33
G2.3.1	41	4,06	0,65
G2.3.2	14	1,98	0,3
G2.4	29	2,96	0,47

### 3.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers

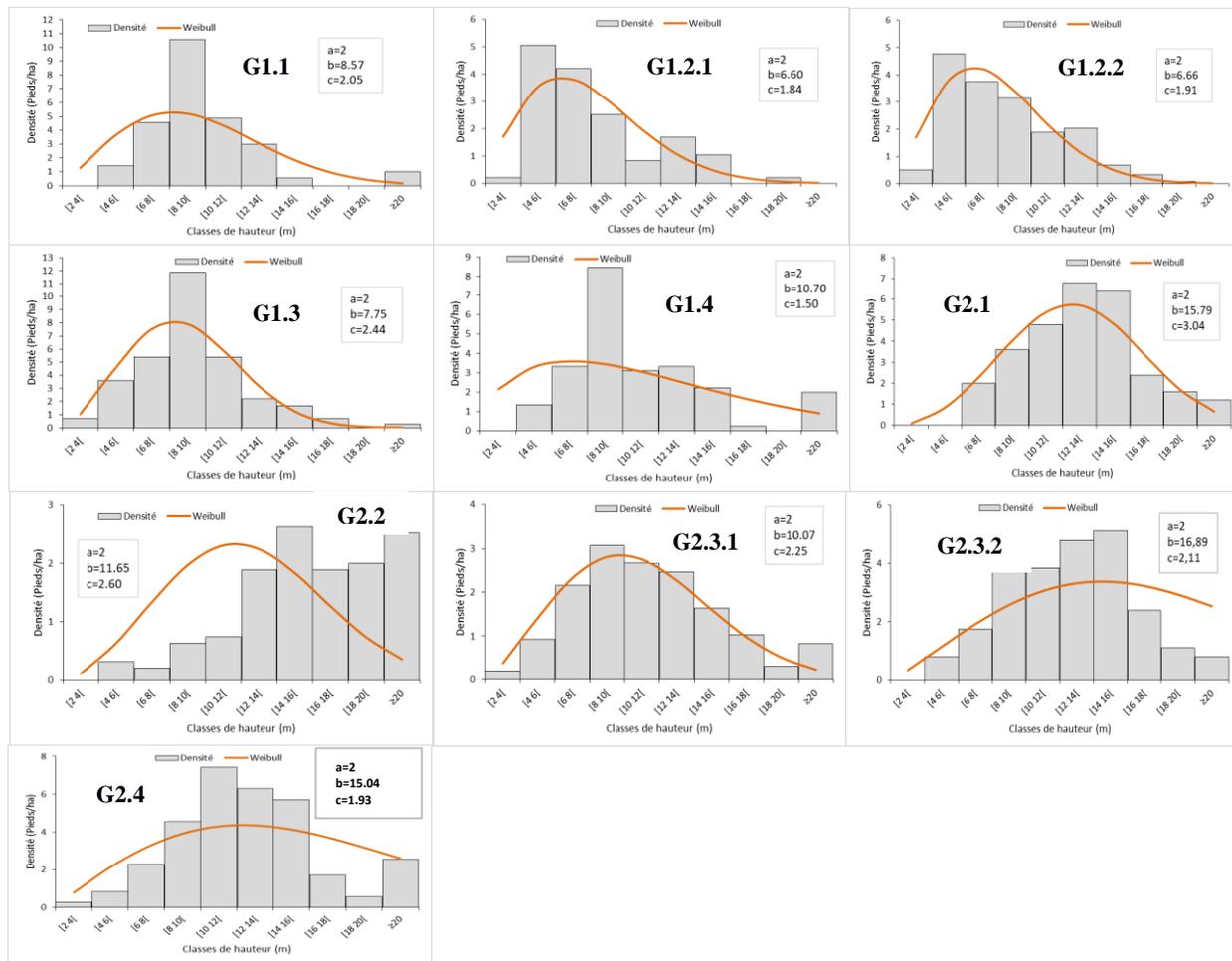
La hauteur des arbres, le diamètre moyen, la densité des arbres et la surface terrière moyenne, varient significativement ( $p < 0,05$ ) suivant les systèmes agroforestiers (Tableau 4). La hauteur moyenne (**Hm**), le diamètre moyen (**Dg**) et la surface terrière (**G**) ainsi que le biovolume (**V**) le plus élevé ont été enregistrés dans les parcs à *P. biglobosa* (respectivement 16,91 m ; 44,73 cm ; 3,66 m<sup>2</sup>/ha et 87,8 m<sup>3</sup>/ha) alors que les plus faibles valeurs (hauteur moyenne (Hm), diamètre moyen et biovolume) sont enregistrées dans les

systèmes taungya et parcs agroforestiers monospécifiques à *A. occidentale* (respectivement 9 et 10,19 m (**Htm**) ; 25,19 et 27,5 cm (**Dg**) et 17,9 et 17,24 m<sup>3</sup>/ha (**V**)). Les densités moyennes varient de 28 pieds/ha dans les jardins de case à 93 ; 107 et 125 pieds/ha respectivement dans les parcs et variantes à *A. occidentale* à savoir les parcs mono-spécifiques *A. occidentale* et parcs mixtes à *A. occidentale* et *V. paradoxa* ainsi que les systèmes Taungya à *A. occidentale* (**Tableau 4**).

**Tableau4.** Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers

Systèmes agroforestiers	Htm (m)	Hfm (m)	Dg (cm)	D (tiges/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)
<b>G1.1</b>	11 ± 7	4,85 ± 3	37,7 ± 7,3	93,4 ± 0,6	0,9 ± 0,011	37 ± 0,64
<b>G1.2.1</b>	10,19 ± 3,7	3,7 ± 2,9	27,5 ± 3,96	107 ± 1,9	0,87 ± 0,05	17,9 ± 0,19
<b>G1.2.2</b>	9 ± 3	3,4 ± 2,2	25,19 ± 1,14	125 ± 0,98	2,7 ± 0,004	17,24 ± 0,061
<b>G1.3</b>	16,91 ± 7,54	8,76 ± 5,93	44,73 ± 9,86	35,3 ± 0,26	3,66 ± 0,06	87,8 ± 2,25
<b>G1.4</b>	12,74 ± 3,78	5,1 ± 4	34,73 ± 6,22	38,7 ± 0,6	3,1 ± 0,023	76,29 ± 0,61
<b>G2.1</b>	14,35 ± 5,3	5 ± 4,85	39,74 ± 7,86	45,66 ± 0,14	2,93 ± 0,021	75,4 ± 0,6
<b>G2.2</b>	11,5 ± 7,5	5,4 ± 3,9	35,7 ± 6,19	58,3 ± 0,9	0,64 ± 0,013	9,98 ± 0,29
<b>G2.3.1</b>	11,9 ± 7,3	6,02 ± 4,75	33,9 ± 4,77	27,83 ± 0,41	2,41 ± 0,019	55,5 ± 0,94
<b>G2.3.2</b>	13,03 ± 7,28	9,12 ± 6,5	36,28 ± 4,2	38,42 ± 0,4	0,6 ± 0,01	34,6 ± 0,54
<b>G2.4</b>	12,95 ± 6,2	6,5 ± 4,9	39,92 ± 8,01	38,4 ± 0,4	1,4 ± 0,017	54,5 ± 0,75

La distribution des tiges par classe de hauteur présente une allure en cloche avec un coefficient de forme « c » compris entre  $1.50 \leq C \leq 3.04$ . Cette allure en cloche est dissymétrique gauche dans les parcs agroforestiers mixtes à *V. paradoxa* et *A. occidentale* L (G1.1) ; mono-spécifiques à *A. occidentale* L (G1.2.1) ; mixtes à *P. biglobosa* et *V. paradoxa* (G1.4) et mono-spécifiques à *V. paradoxa* (G2.2) ainsi que dans les systèmes Taungya à *A. occidentale* L (G1.2.2) de même que dans les jachères simples et jardins de case. Ces systèmes sont caractérisés par des individus de hauteurs faibles et moyennes. On note ainsi, la prépondérance des individus de classes de hauteurs [6-8], [8-10] et [10-12] m (**Figure 4**). Par contre, cette distribution en cloche est dissymétrique droite dans les parcs agroforestiers mono-spécifiques à *P. biglobosa* (G1.3) et à *B. aethiopum* (G2.3.2) de même que dans les parcs agroforestiers mixtes à *B. aethiopum* et *V. paradoxa* (G2.4). Ces systèmes sont caractérisés par des individus de hauteurs moyennes et élevées avec une prépondérance des classes de hauteurs [12-14] et [14-16] m voire particulièrement dans les parcs agroforestiers à *P. biglobosa* (**Figure 5**) où les individus de classe de hauteur  $\geq 20$  m prédominent.



**Figure 4.** Structure en hauteurs des systèmes agroforestiers

La répartition des tiges par classe de diamètre donne une allure en « L » ou en « J » renversé dans la quasi-totalité des systèmes agroforestiers rencontrés dans la zone soudanienne du Togo. Cette structure s'ajuste par le coefficient de forme de Weibull compris entre  $1,15 \leq C \leq 1,61$  traduisant ainsi une prédominance d'individus de faibles diamètres. Les tiges de classe de diamètres [5-15] et [15-25] cm sont très présentes dans la quasi-totalité des systèmes agroforestiers de la zone. Outre ces deux classes de diamètres dominants dans ces systèmes, on met en évidence une prépondérance des individus de diamètres compris entre 25 et 35 particulièrement dans les parcs agroforestiers à *P. biglobosa* (G1.3).

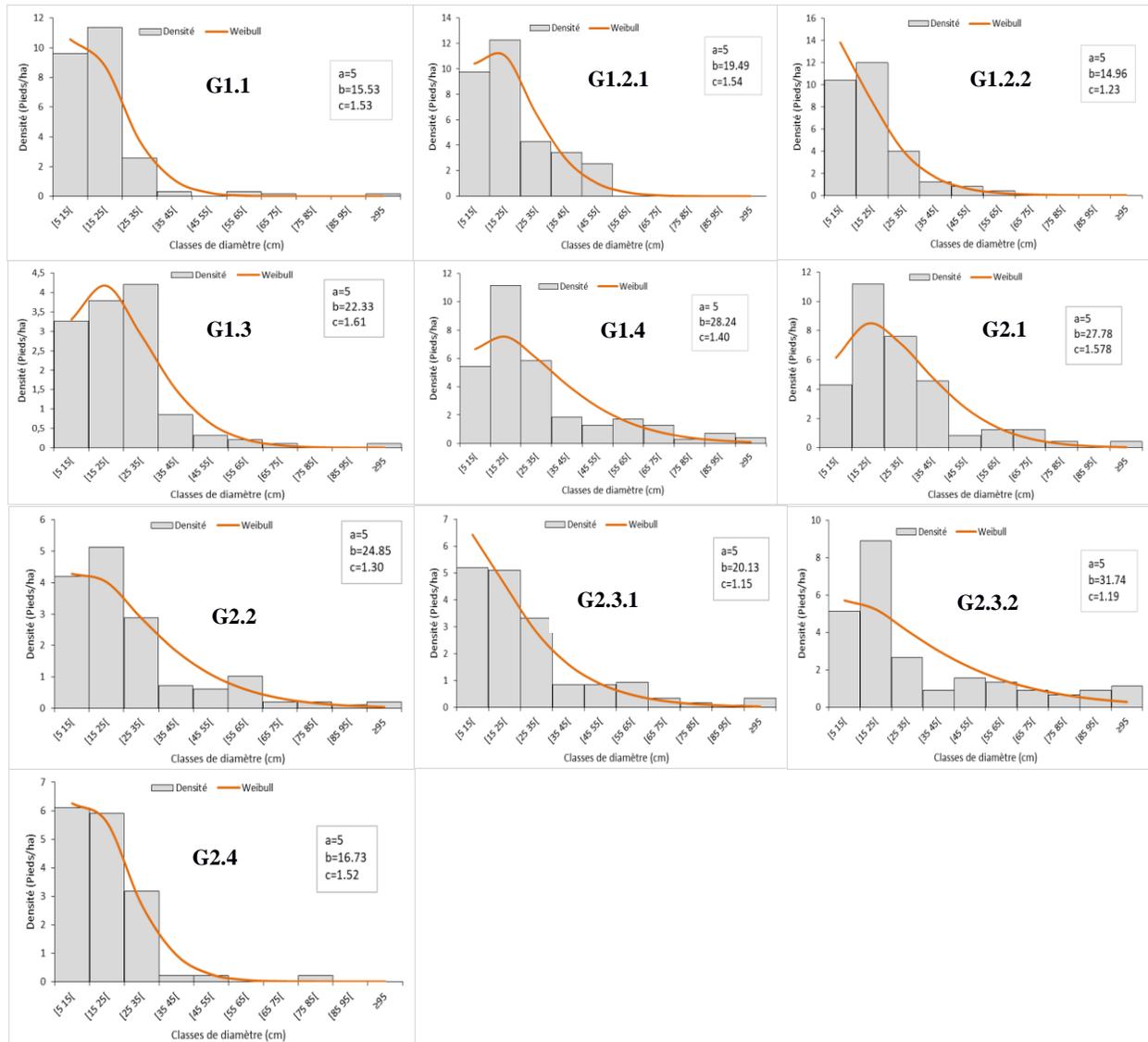


Figure 5 : Structure en diamètre des arbres des formations

## 4. Discussion

### 4.1. Typologie des systèmes agroforestiers

Dix (10) types de systèmes agroforestiers caractérisent le paysage agricole de la zone soudanienne du Togo. Des études similaires réalisées au Togo par Folega et al., (2019) et Atakpama et al., (2022) ont permis de recenser respectivement cinq (05) et six (06) types de systèmes agroforestiers. Dans la sous-région notamment en Côte d'Ivoire, les travaux de Koné et al., (2021) ont mis en évidence treize (13) types de systèmes agroforestiers. Cette différence du nombre de systèmes agroforestiers pourrait être due à la situation géographique, à la variabilité climatique, à l'influence des facteurs socioéconomiques et culturels ainsi qu'aux besoins nutritionnels des agriculteurs et gestionnaires des terres. Cette variété d'agrosystèmes inhérente d'une combinaison de facteurs anthropiques et environnementaux suscités corrobore bien les résultats obtenus par Wala et al., (2005) dans la préfecture de Doufelgou au Nord du Togo ; par Natta et al., (2012) dans la zone soudanienne au Nord du Bénin.

Ces systèmes agroforestiers identifiés sont répartis en fonction de deux zones écologiques (I & II) dont certains notamment les parcs à *P. biglobosa*, à *V. paradoxa* et à *B. aethiopicum* ainsi que les jardins de cases, sont ubiquistes aux deux zones alors que d'autres à savoir les parcs mono-spécifiques et systèmes Taungya à *A. occidentale* L. sont plus inféodés à la zone écologique II. Le caractère ubiquiste des parcs à *P. biglobosa*, *V. paradoxa* et à *B. aethiopicum* aux deux zones écologiques a été mis en évidence par Aleza et al., (2015) sur la diversité des espèces ligneuses dans les agroforêts traditionnelles à base de Karité dans le District d'Atacora au Bénin ; par Kombienou et al., (2022) sur les caractéristiques structurales et importances socioéconomiques de *P. biglobosa* au Bénin ; par

Michon et al., (2018) sur les notes sur *Borassus aethiopum* Mart., un palmier polyvalent au Togo & Bénin et par Atakpama et al., (2022) sur les parcs à rôniers dans la Région des Savanes du Togo. Les formations fortement anthropisées dominées par une espèce exotique dont les parcs mono-spécifiques et systèmes Taungya à *A. occidentale* L. vassaux à la zone écologique II, corroborent les résultats obtenus par Akplo et al., (2019) dans la commune de Djidja en zone soudano-guinéenne du Bénin. La remarque relative à la répartition suivant les zones écologiques (I & II) de ces systèmes agroforestiers identifiés a été également mise en évidence par Ouoba et al., (2023) sur la structure des parcs et variantes à Karité en fonction des secteurs phytogéographiques de la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Outre cette répartition écologique observée et en faisant référence à la distance de la parcelle agricole aux habitations, ces systèmes agroforestiers s'organisent spatialement en auréoles plus ou moins concentriques autour des habitations dont chaque auréole correspond à un type de gestion agricole. Ainsi, la première auréole d'un rayon «  $d < 50$  m » est constituée uniquement de jardins créoles où sont conservés des arbres d'importance socio-culturelle majeure (*Adansonia digitata*, *Mangifera indica*, *B. aethiopum*, *Blighia sapida*, *Azadirachta indica*, *Hyphaene thebaica*, etc) et plantes légumières (*Amaranthus spinosus*, *Hibiscus esculentus*, *Capsicum sp*, *Solanum aethiopicum*, *Lycopersicon esculentum*, etc.). La seconde auréole d'un rayon « d compris entre 50 et 2000 m (2km) » est formée de champs cultivés en permanence et dominés par des parcs et variantes à *P. biglobosa* et *V. paradoxa* ainsi qu'à *B. aethiopum* associés à des cultures annuelles tant vivrières que de rentes. Au-delà se trouve la troisième et dernière auréole constituée de champs éloignés d'au moins 2km «  $d > 2$ km », dominés par des parcs mono-spécifiques et systèmes Taungya à *A. occidentale* ainsi que des jachères simples (courtes et longues). Les jachères courtes en l'occurrence jadis prépondérantes dans la seconde auréole sont plus rencontrées aujourd'hui dans la troisième auréole où les jachères longues sont devenues très rares à cause surtout de l'essor démographique responsable d'une intense micro-parcellisation des terres cultivables. La même remarque a été faite par Jouve (1994), qui a démontré que la jachère prise comme indicatrice de son importance dans l'entretien de la fertilité des sols ne subsiste encore que dans les auréoles externes. L'organisation spatiale en auréoles plus ou moins concentriques des agrosystèmes observés dans la zone soudanienne du Togo est analogue à celle observée par Sidikou, (1974) chez les agriculteurs Haoussas et Zarmas au Niger. Plus on est loin du village, plus le système de culture est extensif qui constitue, selon Loireau, (1998), une gestion équilibrée et stratégique adoptée par les paysans dans les différents types de systèmes agroforestiers pour faire face à la variabilité climatique, aux épisodes de sécheresses et aux destructions éventuelles de récoltes par des ravageurs, aujourd'hui en sempiternelle mutation avec l'augmentation incessante de la pression humaine.

## 4.2. Bilan floristique et caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers

Au total 105 espèces réparties en 79 genres appartenant à 31 familles caractérisent la composition floristique des agrosystèmes de la zone soudanienne du Togo. Ces trois valeurs témoignent d'une richesse spécifique relativement élevée à l'exception dans les systèmes Taungya et parcs monospécifiques à *A. occidentale* où cette diversité est plus faible (Akplo et al., 2019). Cette diversité spécifique est comparable à celle obtenue par Atakpama et al., (2022) qui ont répertorié dans les systèmes agroforestiers de la région des Plateaux du Togo, 103 espèces ligneuses réparties en 86 genres et 30 familles. Les familles les plus représentées notamment les Leguminosae-Mimosoideae ; les Anacardiaceae ; les Combretaceae ; les Leguminosae-Caesalpinioideae et les Sapotaceae ont été recensées par Samarou et al., (2022) sur les parcs à tamarinier dans la zone soudanienne du Togo. Les espèces ligneuses les plus fréquentes rencontrées dans la zone soudanienne du Togo sont : *V. paradoxa*, *P. biglobosa*, *B. aethiopum*, *A. digitata* L., etc. Ces espèces ligneuses ont des indices de valeur d'importance les plus élevées avec respectivement 65,63% ; 59,12% ; 14,33% et 12,79%. Ceci confirme le caractère ubiquiste de certains parcs notamment à *P. biglobosa*, *V. paradoxa* et à *B. aethiopum* aux deux zones écologiques suscitées. Ces quatre espèces témoignent ainsi leur résilience accrue face aux conditions climatiques variables parfois extrêmes de la zone soudanienne du Togo. La même remarque a été faite par Koura et al., (2013) sur la caractérisation écologique et structurale des parcs à néré au Nord-Ouest du Bénin ; par Padakalé et al., (2015) sur les parcs à néré dans la zone soudanienne du Togo et par Atakpama et al., (2022) sur les aires de culture du karité au Togo.

Dans cette zone soudanienne, les indices de diversité varient d'un système agroforestier à un autre. La richesse spécifique au sein des systèmes agroforestiers varie de 4 dans les systèmes Taungya à *A. occidentale* à 51 dans les jachères simples. Les indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Pielou sont plus élevés dans les jardins de case ( $H' = 4,06$  bits et  $Eq = 0,65$ ) et jachères simples ( $H' = 4,57$  bits et  $Eq = 0,73$ ) comparativement aux autres systèmes. Deux faits marquants pourraient expliquer de tels résultats notamment le choix des agriculteurs à préserver quelques espèces utiles lors des défrichements et entretiens dans les parcs avec comme conséquence majeure la réduction de la diversité d'après Okullo et Waithum, (2007) d'une part, et d'autre part l'élimination quasi-systématique de la végétation spontanée au profit à 95% des pieds d'anacardiens pour l'implantation du système Taungya à *A. occidentale*. Ceci justifie ainsi les faibles valeurs des indices de diversité obtenues dans ce dernier comparables à celles obtenues par Tandjiékpon, (2005) sur la caractérisation du système agroforestier à base d'anacardier en zone de savane au Bénin.

En ce qui concerne la hauteur moyenne, le diamètre moyen et la surface terrière ainsi que le biovolume, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées dans les parcs à *P. biglobosa* (respectivement 16,91 m ; 44,73 cm ; 3,66 m<sup>2</sup>/ha et 87,8 m<sup>3</sup>/ha) alors que les plus faibles valeurs de hauteur moyenne (Ht), de diamètre moyen (Dg) et de biovolume (V) sont enregistrées dans les systèmes Taungya

et parcs agroforestiers mono-spécifiques à *A. occidentale* (respectivement 9 et 10,19 m (Ht) ; 25,19 et 27,5 cm (Dg) ; 17,9 et 17,24 m<sup>3</sup>/ha (V)). Ces différentes valeurs élevées enregistrées dans les parcs à *Parkia biglobosa* révèlent que cette espèce bénéficie d'une attention particulière de la part des producteurs agricoles en raison de son importance pour ces derniers et surtout qu'elle domine largement dans ces systèmes même les espèces compétitrices comme l'ont démontré les travaux de Padakalé et al., (2015). La variation significative ( $p < 0,05$ ) observée entre ces paramètres suivant les systèmes agroforestiers est comparable à celle obtenue par Koumoui et al., (2014) sur l'impact de la tenure foncière sur la structure, la densité et le fonctionnement des ligneux dans les agrosystèmes en pays Tem.

Les densités moyennes varient de 28 pieds/ha dans les jardins de case à 93 ; 107 et 125 pieds/ha respectivement dans les parcs mono-spécifiques *A. occidentale* ; parcs mixtes à *A. occidentale* et *V. paradoxa* et les systèmes Taungya à *A. occidentale*. Les fortes densités enregistrées dans ces systèmes pourraient être expliquées par le fait que dans les parcs et variantes à *A. occidentale*, les pieds d'anacardiers y sont aisément introduits, mais avec des prélèvements plus contrôlés comme l'ont révélé les travaux de Akplo et al., (2019). Les valeurs de densités obtenues dans les autres systèmes (parcs et jachères simples) corroborent avec celles obtenues pour les parcs à néré (39 à 70 tiges/ha) dans la Donga au Bénin par Koura et al., (2013). La densité des systèmes Taungya est supérieure à celle obtenue par Tandjiékpon (2005) dans les systèmes agroforestiers à base d'anacardier en zone de savane au Bénin (50-99 tiges/ha) et inférieure à celle obtenue par Seydou et al., (2017) sur l'influence de la flore ligneuse associée dans la production des parcs à *Anacardium occidentale* L. dans la communauté rurale de Djibanar (Casamance/Sénégal). Cette différence s'explique par la variation des aires d'échantillonnage, les variabilités climatiques et les thématiques abordées.

La distribution des tiges par classe de hauteur présente une allure en cloche avec un coefficient de forme « c » compris entre  $1,50 \leq C \leq 3,04$ . Cette allure en cloche est dissymétrique gauche dans les parcs agroforestiers mixtes à *V. paradoxa* et *A. occidentale* L ; mono-spécifiques à *A. occidentale* L ; mixtes à *P. biglobosa* et *V. paradoxa* et mono-spécifiques à *V. paradoxa* ainsi que dans les systèmes Taungya à *A. occidentale* L de même que dans les jachères simples et jardins de case. Ces systèmes sont caractérisés par des individus de hauteurs faibles et moyennes avec une prépondérance des individus de classes de hauteurs [6-8], [8-10] et [10-12] m. Par contre, cette distribution en cloche est dissymétrique droite dans les parcs agroforestiers mono-spécifiques à *P. biglobosa* et à *B. aethiopum* de même que dans les parcs agroforestiers mixtes à *B. aethiopum* et *V. paradoxa*. Ces derniers sont caractérisés par des individus de hauteurs moyennes et élevées avec une prépondérance des classes de hauteurs [12-14] et [14-16] m voire particulièrement dans les parcs agroforestiers à *P. biglobosa* où les individus de classe de hauteur  $\geq 20$  m prédominent. Les mêmes classes de hauteurs tant pour les systèmes à distribution dissymétrique gauche (Kakaï et al., 2016) que droite ont été également mises en évidence par Andou, (2021). En effet, cette distribution en cloche dissymétrique droite observée pour les parcs agroforestiers mono-spécifiques à *P. biglobosa* et les parcs et variantes à *B. aethiopum*, à l'instar de celle de nombreuses espèces ligneuses à usages multiples, résulterait de l'adaptation de la distribution naturelle de ces espèces aux différentes pressions surtout anthropiques (Sokpon et Biaou, 2002). La répartition des tiges par classe de diamètre donne une allure en « L » ou en « J » renversé dans la quasi-totalité des systèmes agroforestiers rencontrés dans la zone soudanienne du Togo avec un coefficient de forme « C » compris entre  $1,15 \leq C \leq 1,61$  traduisant ainsi une prédominance d'individus de faibles diamètres notamment les classes de diamètres [5-15] et [15-25] cm. Ces classes de diamètres sont similaires à celles observées par Avoutchou et al., (2022) sur les parcs agroforestiers à rônier au Tchad. La prépondérance des individus de classe de diamètres [15-25] cm a été observée par Samarou et al., (2022) sur les jachères à *Tamarindus indica* et *Diospyros mespiliformis* dans la zone soudanienne du Togo et par Ouoba et al., (2023) sur la structure des populations de *V. paradoxa* dans les parcs agroforestiers au Burkina Faso. Les parcs agroforestiers à *P. biglobosa* en l'occurrence sont dominés par des individus de diamètres compris entre 25 et 35 cm à l'instar des résultats de Fachola et al., (2019), sur les paramètres dendrométriques et structuraux de *P. biglobosa* (Jacq.) R. Br. et de *D. oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalziel dans les phytodistricts de Pobè et Plateau au Bénin. Cette structure en « J » renversé est proche à celle obtenue par Akpona et al., (2016), pour les parcs arborés à *V. paradoxa* dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Bénin. Plusieurs raisons sous-tendent la prédominance d'individus de faibles diamètres observés dans cette zone notamment le changement d'usage du sol dû aux activités anthropiques favorables à la déforestation et à la dégradation des formations boisées (Kaina et al., 2018 ; Kombaté et al., 2020) ; les pratiques de gestions favorables à la régénération naturelle qu'adoptent les agriculteurs (Afelu et al., 2016 ; Akplo et al., 2019) ou soit les défis environnementaux tels que la désertification, la rareté de la ressource en eau et surtout la forte pression sur les ressources ligneuses en raison de l'essor démographique (Mathieu, 2021).

## 5. Conclusion

La présente étude réalisée dans la zone soudanienne du Togo a permis de déterminer dix (10) types de systèmes agroforestiers caractérisant le paysage agraire de ladite zone. Ces systèmes agroforestiers sont organisés spatialement en auroles plus ou moins concentriques autour des habitations, typiques à une gestion équilibrée et stratégique adoptée par les agriculteurs pour faire face à la variabilité climatique, aux épisodes de sécheresses et aux destructions éventuelles de récoltes par des ravageurs. Avec 105 espèces réparties en 79 genres appartenant à 31 familles, la diversité floristique est relativement élevée dans tous les systèmes à l'exception dans les Taungya et parcs mono-spécifiques à *A. occidentale*. Les espèces écologiquement importantes de la zone sont des espèces

indigènes qui révèlent le caractère ubiquiste des parcs à *P. biglobosa*, *V. paradoxa* et à *B. aethiopum* aux deux zones écologiques (I & II). Les systèmes répertoriés présentent une structure verticale variée et une structure horizontale avec une relative dominance des tiges de faibles diamètres. Dans le contexte actuel de défis anthropiques et climatiques majeurs où l'adaptation représente une option indéniable pour la recherche d'un développement durable, l'agroforesterie paraît comme l'une des alternatives. Ainsi, il devient impérieux pour l'agriculture de la zone soudanienne du Togo en particulier de concilier la production agricole et la préservation de l'environnement et des ressources connexes. Il s'agit par conséquent de maîtriser les défis et les opportunités relatifs à l'adoption de ces systèmes agroforestiers à plus grande échelle avec surtout l'introduction des espèces résilientes, à usages multiples et fertilitaires aux fins de leur contribution accrue tant à la durabilité qu'à la sécurité alimentaire.

## Remerciement

Nous remercions les évaluateurs anonymes de ce travail pour leur contribution à son perfectionnement.

## Contribution des auteurs

### Contribution des auteurs

#### Rôle du contributeur

Conceptualisation : Djakambi B.

Gestion des données : Djakambi B.

Analyse formelle : Kombate B., Egbelou H.

Acquisition du financement : Djakambi B.

Enquête et investigation : Djakambi B., Egbelou H., Kombate B.

Méthodologie : Djakambi B., Kombate B.

Gestion de projet : Djakambi B.

Ressources : Djakambi B., Batawila K., Akpagana K.

Logiciels : Djakambi B., Kombate B., Egbelou H.

Supervision : Dourma M., Folega F.

Validation : Dourma M., Batawila K., Akpagana K.

Visualisation : Dourma M., Kombate B., Folega F., Batawila K.

Écriture – Préparation : Djakambi B.

Écriture – Révision : Robijaona B., Kombate B.

## Références

- Addra T.C., Fahem A.K., De Jong T., 1994. *Atlas du développement régional du Togo*. Editogo, Lomé 207 p.
- Afelu B., Fontodji Kokou J., Kokou K., 2016. Impact des feux sur la biomasse dans les savanes guinéo-soudanaises du Togo. *VertigO, La revue électronique en sciences de l'environnement*, 16(1): 1-23, <https://doi.org/10.4000/vertigo.17106>.
- Agbogon A., Tozo K., Wala K., Bellefontaine R., Dourma M., Akpavi S., Woegan Y.A., Dimobe K., Akpagana K., 2015. Structure des populations de *Sclerocarya birrea*, *Lannea microcarpa* et *Haematostaphis barteri* au nord du Togo. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25 (2) : p. 3871-3886, <http://www.m.elewa.org/JAPS/2015/25%282%29-June.html>.
- Akplou T.M., Dan B.S.C., Houessou L.G., Marcel H., et Sinsin A.B., 2019. Typologie et structure des systèmes agroforestiers dans la commune de Djidja (Bénin). *Revue Internationale des Sciences Appliquées*,

- Vol2, n°01,29-39, ISSN-1840-8869© 2019, EPAC-UAC: <https://www.researchgate.net/publication/338260289>.
- Akpona T.J., Dainou K., Akpona H.A., Djossa B.A., Savi M.K., Ayihouenou B., Glélé Kakai R., 2016. Impact of land use practices on traits and production of shea butter tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) in Pendjari Biosphere Reserve in Benin. *Agroforestry systems*, 90, 607-615.
- Akoégninou A., Van Der Burg W.J., Van Der Maesen L.J.G., Adjakidjè V., Essou J.P., Sinsin B., Yédomonhan H., 2006. *Flore Analytique du Bénin*. Cotonou & Wageningen: Backhuys Publishers, 1034 p.
- Aleza K., Villamor G.B., Wala K., Dourma M., Atakpama W., Batawila K. & Akpagana K. (2015). Woody species diversity of *Vitellaria paradoxa* CF Gaertn traditional agroforests under different land management regimes in Atacora district (Benin, West Africa). *Agrofor. Syst.*, 89, 511-523, [doi. org/10.1007/s10457-015-9787-9](https://doi.org/10.1007/s10457-015-9787-9).
- Amegnaglo K.B., Dourma M., Akpavi S., Akodewou A., Wala K., Diwediga B., Atakpama W., Agbodan K. M.I., Batawila K., Akpagana K., 2018. Caractérisation des formations végétales pâturées de la zone guinéenne du Togo: typologie, évaluation de la biomasse, diversité, valeur fourragère et régénération. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(5) 2065 – 2084.
- Andou Z., 2021. *Parcs agroforestiers de la Région des Savanes au Nord-Togo : biodiversité, dynamique et importance socio-économique*. Thèse de Doctorat, Géographie Humaine, Université de Lomé (Togo), 281 p.
- APG-IV, 2016. Classification APG IV. In: *Botanical Journal of the Linnean Society*.
- Atakpama W., Atoemne K., Egbelou H., Padakale E., Batawila K., Akpagana K., 2022a. Distribution et démographie des parcs à rôniers dans la Région des Savanes du Togo. *AJLPGS*, 5(2): 290-302.
- Atakpama W., Woegan Y.A., Folega F., Binao N.K., Batawila K., Akpagana K., 2022b. Systèmes agroforestiers de la Région des Plateaux du Togo. *AgroBiologia*, 12(1): 2932-2940.
- Atato A., Woegan Y.A., Marra D., Wala K., Batawila K., Akpagana K., 2020. Étude ethnobotanique des espèces spontanées à fruits comestibles du Togo. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé*, 22(1-2): 49-62.
- Arbonier M., 2008. *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*, Montpellier, MNHN (Paris) et CIRAD (Montpellier) 3è éd ; 574 p.
- Avoutchou M., Avana-Tientcheu M.L., Dongock N.D. et Mapongmestem P.M., 2022. Potentiel écologique et ethnobotanique des parcs agroforestiers à *Borassus aethiopum* Mart. (Arecaceae) dans la Région de Mayo-Kebbi Est (Tchad). *Rev Écosystèmes et Paysages (Togo)*, No 01, vol 02, 140-155pp. e-ISSN (Online): 2790-3230.
- Badabaté D., Koffi H., Kpérkouma W., Komlan B., Thierry T., Koffi A., 2012. Agriculture de contre saison sur les berges de l'Oti et ses affluents. *African Crop Science Journal*, Vol. 20, Issue Supplement s2, pp. 613-624, ISSN 1021-9730/2012 \$4.00 20: 613-624.
- Badjaré B., Kokou K., Bigou-lare N., Koumantiga D., Akpakouma A., Bétidé Adjayi M. & Abbévi Abbey G., 2018. Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo : diversité, usages, importance et vulnérabilité. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 22(3) : 152-171.
- Bériname B., Macomba Bétidé A., Abbévi Georges A., Kossi Novinyo S., Kouami K. & Nadédjo B.L. (2021). Espèces Ligneuses de Savanes Sèches du Nord du Togo : Considérations Socioculturelles et Relations de Pouvoir des Parties Prenantes. *European Scientific Journal*, ESJ, 17(9), 89, <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n9p89>.
- Bakker T., Poisot A.S., Roesch K., 2022. Les champs-écoles pour renforcer les capacités des agriculteurs et réussir la transition agroécologique. Montpellier, Cirad, *Perspective 57*, <https://doi.org/10.19182/perspective/36885>.
- Boffa J.M., Taonda S.J.B., Dicket J.B. & Knudson D.M., 2000. Field-scale influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) on sorghum production in the Sudan zone of Burkina Faso. *Agrofor. Syst.*, 49, 153-175, [doi. org/10.1023/A:1006389828259](https://doi.org/10.1023/A:1006389828259).
- Boukpepsi T., 2013. Caractéristiques des parcs agroforestiers de la partie septentrionale des monts du Togo *Territoires, Sociétés et Environnement*, 2: 129-142.
- Brunel J.F., Hiekpo H.S., 1984. Flore analytique du Togo : Phanerogames: *GTZ, Eschorn*, 751p. [doi:https://doi.org/10.2307/3776742](https://doi.org/10.2307/3776742)
- Cottam G., & Curtis J., 1956. The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling. *Ecology*, 37(3): 451-460.
- Dao B., Abotsi K., Kargbo A., Kokou K., Kone D., 2021. Diversity of agroecosystems and ecosystem services gain for agrobiodiversity conservation in agricultural landscape in northern Togo. *African Journals Online, Agronomie Africaine* N°33(1): 21-32. <https://www.ajol.info>.
- Djame Y., 2019. *Valorisation du rônier dans la préfecture de Tône (Nord-Togo)*. Mémoire de Master en Géographie, Université de Lomé, 104 p.
- Dotchamou O.F.T., Atindogbe G., Azihou A.F., Fonton H.N., 2016. Caractérisation de la répartition spatiale des arbres de *Parkia Biglobosa* (Jacq.) R. Br. au Bénin. *REV. CAMES*, 4(1): 59-67.
- Dourma M., Batawila K., Guelly K.A., Bellefontaine R., Foucault B.D., Akpagana K., 2012. La flore des forêts claires à *Isoblerlinia* spp. en zone soudanienne au Togo. *Acta botanica gallica*, 159:395-409, [doi: https://doi.org/10.1080/12538078.2012.737118](https://doi.org/10.1080/12538078.2012.737118).

- Ern H., 1979. Die Vegetation Togos, Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. *Willdenowia*, 9:295-315 [doi:10.2307/3995654](https://doi.org/10.2307/3995654).
- Fachola B.O., Gbesso G.H.F., Lougbegnon O.T. et Agossou N., 2019. Paramètres dendrométriques et structuraux de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. et de *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalziel dans les phytodistricts Pobè et Plateau au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(2): 652-661, April 2019 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).
- FIDA, 2005. Réaliser les Objectifs du Millénaire pour le Développement : Investissement rural et politiques porteuses (*Conseil des gouverneurs du FIDA, 28ième session, 16-17 février 2005*). Rome (Italie). 5.
- Folega F., Atakpama W., Kanda M., Wala K., Batawila K., Akpagana K., 2019. Agroforestry parklands and carbon sequestration in tropical Sudanese region of Togo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(4): 563-570.
- Ganaba S., Ouadba J.M., Bognounou O., 2005. Exploitation traditionnelle des végétaux spontanés en région sahélienne du Burkina Faso. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 6(2).
- Gayibor N.L., 1997. *Histoire des togolais. Vol. I, Des origines à 1884*, Université du Bénin, Lomé, 1: 13-68, 445 p.
- Houngbedji T., 2008. *Les systèmes agroforestiers de la zone forestière du Togo*. Mémoire de DEA, Université de Lomé, 66 p.
- INSEED, 2022. Résultats définitifs du 5ième Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Togo, 2 p.
- Issa I.; Wala K.; Dourma M.; Atakpama W.; Kanda M.; Akpagana K., 2018. Valeur ethnobotanique de l'espèce, *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss (meliaceae) auprès des populations riveraines de la chaîne de l'Atacora au Togo. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* (2018) 6 (1):64-72.
- ITRA, 2009. Stratification du Togo en zones homogènes pour la recherche agronomique In : Rapport Annuel 2009. ITRA, Lomé, Togo, 25-28 p.
- Kaina A., Wala K., Koumantiga D., Folega F., Koffi A., 2018. Impact de l'exploitation du bois-énergie sur la végétation dans la préfecture de Tchoudjo au Togo. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, (1) 69-88
- Kaina A., Dourma M., Folega F., Diwediga B., Wala K., Akpagana K., 2021. Localisation des bassins de production de bois énergie et typologie des acteurs de la filière dans la région centrale du Togo. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 37:196 - 211.
- Kakã G.R., Salako V.K. & Lykke A.M., 2016. Techniques d'échantillonnage en étude de végétation. *Ann. Sci. Agron.*, 20(spécial Projet Undesert – UE), 1-13.
- Kebenzikato A., Wala K., Dourma M., Atakpama W., Dimobe K., Pereki H., Batawila K. & Akpagana K. (2014). Distribution et structure des parcs à *Adansonia digitata* L.(baobab) au Togo (Afrique de l'Ouest). *African Journals Online*, Vol 10, N°2 (2014), 16p.
- Kintche K., 2011. *Analyse et modélisation de l'évolution des indicateurs de la fertilité des sols cultivés en zone cotonnière du Togo*. Thèse de doctorat en Sciences de la Terre et de l'Environnement. Université de Bourgogne-France & Université de Lomé-Togo. 215 p.
- Kombate B., Dourma M., Folega F., Woegan A.Y., Wala K., Akpagana K., 2019. Structure et potentiel de séquestration de carbone des formations boisées du Plateau Akposso en zone sub-humide au Togo. *Afrique SCIENCE*, 15(2): 70- 79.
- Kombate B., Dourma M., Folega F., Atakpama W., Kperkouma. W., Akpagana K., 2020. Spatio-temporal dynamics and habitat fragmentation within a central region of Togo. *Agricultural Science Research Journal*, 10(Issue (11)): 291-305.
- Kombienou P.D., Guezodjè G.A., Toko I.I. & Yabi I. (2022). Caractéristiques structurales et importances socioéconomiques de *Parkia Biglobosa* (JACQ.) R. BR. Ex G. Don dans les communes de Bohicon et d'Abomey au Bénin. *European Scientific Journal, ESJ*, 18 (30), 85.
- Kone L.S.P., Soro K., Missa K., Dogbo D.O., 2021. Typologie et caractérisation socio culturelle des agrosystèmes à base de culture pérenne à la périphérie ouest du Parc National de Taï (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 163:16872–16885, ISSN 1997-5902, Published online at [www.m.elewa.org/journals/](http://www.m.elewa.org/journals/) on 31st July 2021, <https://doi.org/10.35759/JABs.163.6>
- Koumoi Z. & Lare L.Y. 2014. Impact de la Tenure Foncière sur la Structure, la Densité et le Fonctionnement des Ligneux dans les Agrosystèmes en Pays Tem (Togo). *Rev. Sc. Env. Univ.* 1 (11) : 85-104.
- Loireau M., 1998. *Espaces-ressources-usages : spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien*. THE : Thèses, Université de Montpellier 3 Montpellier, 411p.
- Mahamane A., Mahamane S., Lejoly J., 2007. Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc national du « W » du Niger. Article de recherche in : *Sécheresse* ; 1E (4) : 1-13.
- MEDPN/REDD+, 2020. Niveau de référence pour les forêts du Togo: MEDPN/REDD+ TOGO, 80 p.
- MERF/IFN, 2016. Inventaire Forestier National du Togo 2015-2016: MERF, 79 p.
- Michon L., Adeoti K., Koffi K., Ewedje E-E & Stauffer F.W., 2018. Notes on *Borassus aethiopum* Mart., a Multi-Purpose Palm in Togo and Benin. *Craft: Palms Literature*, Vol. 62(2): 57–69. <https://www.researchgate.net/publication/327135966>.
- Natta A.K., Bachabi S.F., Zoumarou-Wallis N., Dicko A., 2012. « Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la zone soudanienne du Nord Bénin » in *Annales des Sciences Agronomiques* 16 (1) », pp.67-90.

- Okullo J.B., Waithum G., 2007. Diversity and conservation of on-farm woody plants by field types in Paromo Subcounty, Nebbi District, north-western Uganda. *African Journal of Ecology*, 45, 59-66.
- OUOBA H.Y., BASTIDE B., KABORE S.A., SEGHERI J. & BOUSSIM I.J., 2023. Structure des populations de *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. (Karité) dans les parcs agroforestiers au Burkina Faso. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement (BASE)*, Vol.27—No3: DOI: [10.25518/1780-4507.20329](https://doi.org/10.25518/1780-4507.20329)
- Padakale E., Atakpama W., Dourma M., Dimobe K., Wala K., Guelly A., Koffi A., 2015. Woody Species Diversity and Structure of *Parkia biglobosa* Jacq. Dong Parklands in the Sudanian Zone of Togo (West Africa). *Annual Research & Review in Biology*, 6: 103-114. doi:<https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/14105>
- Pélissier, 1979. Maîtrise de l'espace agricole et développement en Afrique tropicale. 1979. pp. 5 et 8.
- Pielou E. C., 1969. An introduction to mathematical ecology. *Wiley Inter-science*. New York, 294 p.
- Shannon C.E., 1948. A mathematical theory of communications. *Bell System Technical Journal*, 27, 623-656.
- Samarou Moussa, Atakpama Wouyo, Folega Fousséni, Dourma Marra, Wala Kperkouma, Batawila Komlan, Akpagana Koffi, 2022. Caractérisation écologique et structurale des parcs à tamarinier (*Tamarindus indica* L., Fabaceae) dans la zone soudanienne du Togo (Afrique de l'Ouest). *Rev Écosystèmes et Paysages (Togo)*, No 01, vol 02, 109-125pp, e-ISSN (Online): 2790-3230
- Samarou M., Atakpama W., Kanda M., Tchacondo T., Batawila K., Akpagana K., 2021. *Tamarindus Indica* L. (Fabaceae) in ecological zone I of Togo: use value and vulnerability. *Int J Complement Alt Med.*, 14(6):307–315. DOI: [10.15406/ijcam.2021.14.00577](https://doi.org/10.15406/ijcam.2021.14.00577).
- Sautter G., Pélissier P., 1964. Pour un atlas des terroirs africains: structure-type d'une étude de terroir. *L'homme*: 56-72.
- Sidikou H.A., 1974. Sédentarité et mobilité entre Niger et Zgaret-*Etudes Nigériennes* n°34.
- Sokemawu K.J., 2015. Gestion des conflits entre paysans et éleveurs peulhs de la Région des Savanes au nord-Togo dans le processus d'un développement durable. *Revue de Géographie de l'Université de Lomé*, (2) 26-39.
- Sokpon, N., et Biaou, S.H. (2002). L'utilisation des distributions de diamètre dans la gestion de l'utilisation durable des forêts restantes au Bénin : Cas de la Réserve forestière de Bassila au Nord Bénin. *Écologie et aménagement forestiers*, 161, 13-25. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00488-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00488-1).
- Tandjiékpon A.M., 2005. *Caractérisation du système agroforestier à base d'anacardier (Anacardium occidentale L.) en zone de savane au Bénin*. Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire, Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey Calavi, 98p.
- Teyssèdre A., 2004. Vers une sixième grande crise d'extinctions. *Biodiversité et changements globaux: enjeux de sociétés et défis pour la recherche*, Paris, ADPF, ministère des Affaires étrangères: 24-36.
- Wala K., 2013. La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin: Diversité floristique, phytosociologie et impact humain. *Acta Botanica Gallica*, 157: 793-796.
- Wala K., Sinsin B., Guelly K. A., Kokou K., Akpagana K., 2005. Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Doufelgou (Togo). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 16(3): 209-216.
- White F., 1986. *La végétation de l'Afrique, Recherches sur les ressources naturelles*. Paris: ORSTOM-UNESCO, 384 p.
- Wogan Y., Akpavi S., Gbogbo K., Dourma M., Atato A., Wala K., Akpagana K., 2013. Gestion des agroécosystèmes sur le mont Agou en zone forestière au Togo. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 15(3): 65-76.