



## Diversité et structure de la strate arborée des formations forestières dans le nord des monts Atakora au Togo

Fatao DJIDEAL<sup>a,b</sup>, Wouyo ATAKPAMA<sup>a,b,\*</sup>, Moussa SAMAROU<sup>a,c</sup>, Hodabalo EGBELOU<sup>a</sup>, Batawila KOMLANA<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale, Département botanique, Faculté des sciences, Université de Lomé, 01 BP 16515, Togo

<sup>b</sup> West Africa Plant Red List Authority (WAPRLA), IUCN Species Survival Commission, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Switzerland

<sup>c</sup> Agence nationale de gestion de l'environnement, Ministère de l'Environnement et des Ressources forestières, 575 Rue de l'OCAM, BP 2244 Lomé, Togo

### Résumé

Cette étude a été menée dans la zone écologique II du Togo, sur les monts Atakora. L'étude a caractérisé la diversité et la structure des peuplements ligneux. Des inventaires forestiers ont été réalisés dans 69 parcelles circulaires de rayon de 20 mètres. Au total, 102 espèces ligneuses ont été identifiées. Elles appartiennent à 77 genres et 32 familles. Les espèces les plus communes sont : *Lannea acida* (53,62 %), *Vitellaria paradoxa* (44,94 %), *Burkea africana* (43,48 %) et *Daniellia oliveri* (43,48 %). Les Fabaceae (27 espèces) et les Combretaceae (10 espèces) sont les familles les plus représentées. Quatre (4) groupements végétaux ont été distingués. Les densités des peuplements végétaux identifiés correspondent à 360 tiges/ha dans les savanes boisées, 286 tiges/ha dans les forêts claires, 236 tiges/ha dans les savanes arbustives/arborées et 202 tiges/ha dans les forêts riveraines. La structure diamétrique est caractérisée par une forme en « J renversé » indiquant que les individus de petits diamètres sont prédominants. La répartition des tiges par classe de hauteur est en cloche asymétrique positive dans les forêts galeries, les savanes boisées, les savanes arborées/arbustives et les forêts claires. Cela reflète la prédominance des individus de hauteur moyenne. Le sous-bois est abondant dans les forêts galeries et les savanes arbustives/arborées (53,43 % et 56,30 %) et moyen dans les savanes boisées et les forêts claires (32,75 % et 30,89 %). Les taux de régénération étaient élevés dans les forêts galeries (66,24 %), moyenne dans les savanes boisées et les savanes arborées/arbustives (45,34 % et 36,94 %) et faibles dans les forêts claires (22,31 %). Les menaces anthropiques seraient responsables du faible taux de régénération dans les savanes boisées et les forêts claires.

Mots-clés : Diversité structural ; Démographie ; Chaîne de montagnes ; Togo.

### *Tree layer diversity and structure in forest formations of northern Atakora Mountains, Togo*

### Abstract

This study was carried out in Togo's ecological zone II, on Mount Atakora. It aimed to determine the diversity and demographic structure of woody species. Forest inventories were conducted on 69 circular plots of 20m radius. Altogether, 102 species were identified. These belonged to 77 genera and 32 families. The most common species were: *Lannea acida* (53.62%), *Vitellaria paradoxa* (44.94%), *Burkea Africana* (43.48%) and *Daniellia oliveri* (43.48%). The most represented families are Fabaceae (27 species) and Combretaceae (10 species). Four plant communities have been discriminated. The analysis of the identified plant communities showed a density of 202 stems/ha in riparian forests, 360 stems/ha in tree savannahs, 286 stems/ha in open forests and 236 stems/ha in shrub/tree savannahs. An "inverted J" shape characterizes the diameter structure. This indicates that small stems dominate. The distribution of stems by height class showed a positive asymmetric distribution in riparian forests, wooded savannahs, tree/shrub savannahs and open forests. This reflects the dominance of medium height individuals. Undergrowth is abundant in riparian forests and tree savannahs (53.43% and 56.30%) and average in wooded savannahs and opens forests (32.75% and 30.89%). Regeneration is high in riparian forests (66.24%), average in wooded savannahs and shrub/wooded savannahs (45.34% and 36.94%) and low in open forests (22.31%). The low regeneration rate in wooded savannahs and open forests could be due to anthropogenic threats.

Keywords: Structural diversity; Demography mountain chain; Togo.

### 1. Introduction

Les écosystèmes tropicaux sont de plus en plus dégradés, entraînant des modifications de l'apparence des

formations végétales et à une érosion de la biodiversité. L'explosion démographique, la surexploitation des ressources naturelles et les pratiques agricoles actuelles telles que les monocultures et l'utilisation d'engrais et de



pesticides chimiques en sont les principales causes [1]. Selon FAO [2], plus de 15 000 hectares de forêts sont détruits au Togo alors que seulement 3 000 sont reboisés. Cette dégradation touche également les zones montagneuses pourtant reconnues comme abri de la biodiversité.

Le caractère unique des montagnes du point de vue de la conservation de la biodiversité découle d'une variété de facteurs biotiques et abiotiques spécifique à ces écosystèmes. Elles sont riches en espèces animales et végétales dont la plupart sont endémiques [3]. Selon la convention de Rio de 1992 sur la diversité biologique [4], les écosystèmes les plus riches en espèces, notamment les forêts tropicales et les écosystèmes de montagne, doivent être protégés et conservés.

La distribution de la phytodiversité à travers l'Afrique montre qu'outre le bloc forestier guinéo-congolais, les zones montagneuses sont les centres de forte richesse spécifique et d'endémisme [5, 6]. Cette distribution traduit la relation qui existe entre la phytodiversité et l'hétérogénéité spatiotemporelle du paysage.

Le relief du Togo est principalement caractérisé par les monts Atakora d'orientation nord-est/sud-ouest. Cette chaîne de montagnes appartient à la zone de suture panafricaine des monts Dahomeid et est divisée en deux zones écologiques en fonction de la diversité végétale et du climat [7]. Il s'agit de la zone II (zone des montagnes du nord) et de la zone IV (zone des montagnes du sud). L'ensemble de la chaîne a fait l'objet de plusieurs études [8-15]. Ces études restent spécifiques et portent souvent sur la flore et les écosystèmes de ces régions notamment les aires protégées et les bassins versants. On note aussi d'autres études sur des écosystèmes particuliers comme des inselbergs [16, 17]. Les études globales ont plus eu pour cadre la zone méridionale des monts Togo [14, 18].

Cette étude contribuera à la gestion durable des la strate ligneuses de la partie nord des monts Atakora au

Togo. Il s'agit spécifiquement de : (i) évaluer la diversité et (ii) caractériser la structure des strates ligneuses des formations forestières de la zone des montagnes du nord du Togo.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Description des montagnes du nord du Togo

La zone écologique II du Togo [7] correspond à la partie septentrionale de la chaîne d'Atakora (Figure 1). La superficie de la zone II est d'environ 11 138,60 km<sup>2</sup>, soit 19,67 % du territoire togolais. Cette zone s'étend de la latitude de Sokodé jusqu'à la limite de Défalé et se situe à cheval entre la région de la Kara et la région Centrale du Togo. Plus spécifiquement, elle se situe entre 0,3°E et 1,6°E de longitude et 8,3°N et 10,2°N de latitude. Les altitudes varient entre 150 m et 800 m.

La saison pluvieuse dure sept mois, d'avril à octobre et la saison sèche s'étend sur cinq mois, de novembre à mars. Les précipitations varient entre 900 et 2450 mm. Les températures mensuelles moyennes varient de 25,1 à 29,7 °C. L'humidité relative moyenne varie de 40 à 80 % et atteint son maximum pendant la saison des pluies, notamment en août (60 à 100 %). Il s'agit donc d'un climat est subéquatorial de type guinéen.

La végétation comprend une mosaïque de forêts-savanes semi-montagnardes dont les plus conservées se retrouvent dans les aires protégées [9, 19]. Ces aires protégées regroupent une flore très diversifiée dont plusieurs taxons menacés et rares de la flore togolaise [9, 20]. On distingue des forêts claires souvent à dominance de *Isobertinia* spp [21] sources de bois énergie, de services et de bois d'œuvre. Plusieurs parcs agroforestiers sont également aménagés dans les zones agraires.

---

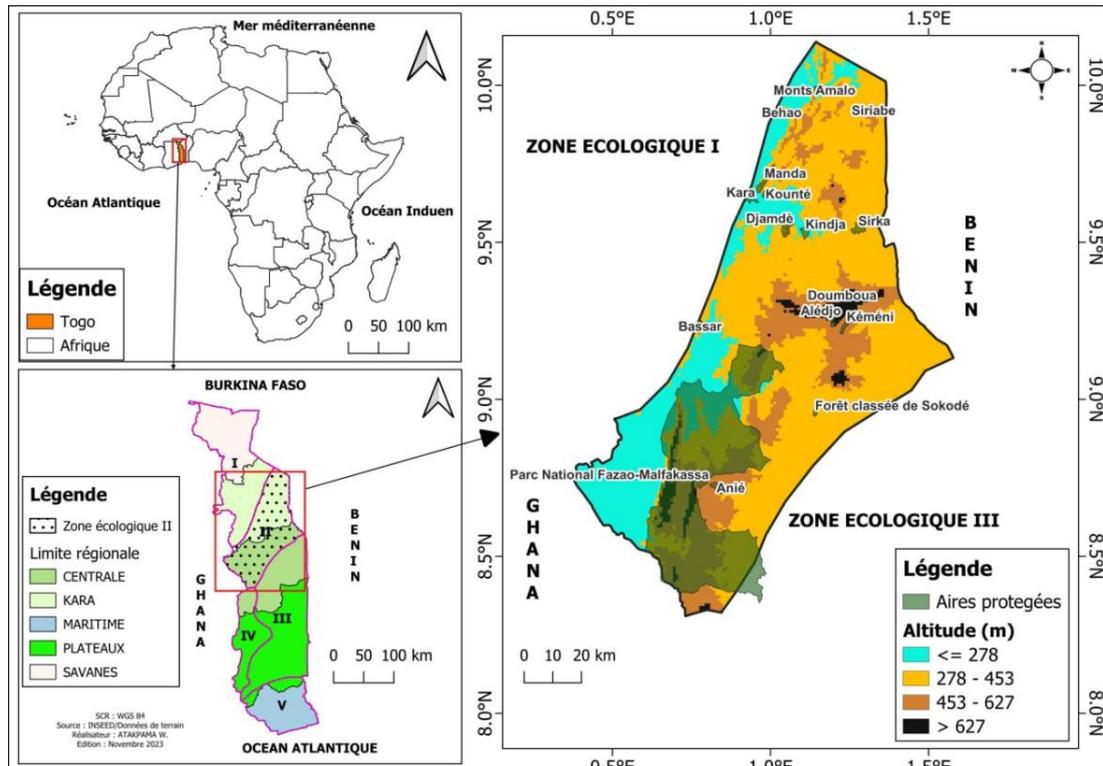


Figure 1 : Situation géographique, relief et subdivisions administrative et écologique de la zone écologique II du Togo

## 2.2. Collecte des données

Un total de 69 placettes d'échantillonnage ont été posées de manière aléatoire afin de couvrir toute la variabilité écologique de la zone d'étude. La sélection s'est basée sur plusieurs critères, notamment l'utilisation du sol, la facilité d'accès, l'existence des voies de communication et de cours d'eau. En cas de la présence d'une pente, l'erreur est corrigée en fonction de la distance horizontale (Figure 2) en se servant d'un tableau de correspondance des mesures de pente à l'échelle de 20 m et un clinomètre.

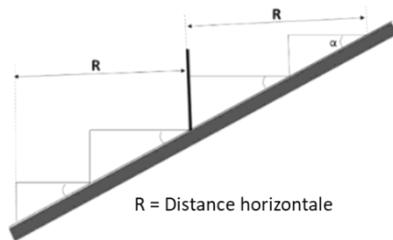


Figure 2 : Technique de correction de pente

Les inventaires forestiers ont été réalisés dans des parcelles circulaires d'un rayon de 20 m (Figure 3). Les données se réfèrent aux arbres de diamètre à hauteur de

poitrine ( $DHP \geq 10$  cm [22]). Chaque arbre est caractérisé par son DHP (1,30 m du sol) et sa hauteur totale.

Le sous-bois comprend les ligneux de  $DHP < 10$  cm et  $DHP \geq 5$  cm. Leurs tiges ont été dénombrées. Le comptage est fait par essence dans la parcelle d'un rayon de 4 m (Figure 3).

La régénération comprend les arbres vivants de  $DHP < 5$  cm et la hauteur totale,  $Ht \geq 1,3$  m. L'évaluation s'est faite au sein de 4 sous-placettes de 1 m de rayon situé à 4 m du centre de la placette principale (Figure 3) posé suivant les 4 ponts cardinaux. Chaque essence a été inventoriée en fonction des types de régénération (franc pied, rejet de souche).

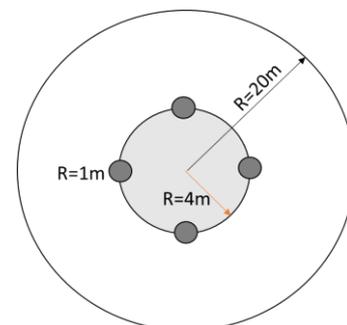


Figure 3 : Schéma d'une placette d'échantillonnage.

Les paramètres écologiques notamment les paramètres physiques et activités humaines ont été noté. Les activités humaines considérées sont : le feu de végétation, la carbonisation, la coupe du bois, le champ, le pâturage, les campements de nomades Peuls. Les paramètres physiques ont été : la topographie (pente, plateau, plaine, versant, ravin), l'érosion du sol (néant, faibles, moyenne, forte) et l'état du sol (sans curasse, curasse à petites plaques et curasse à grandes plaques...).

### 2.3. Traitement des données

#### 2.3.1. Évaluation de la diversité floristique

Les espèces recensées ont été regroupées par famille et par genre. La classification phylogénique a été adoptée [23]. La diversité des espèces, leurs fréquences et leurs abondances ont été déterminées. Le type biologique et le type phytogéographique de chaque espèce ont été recherchés [24, 25]. Les types biologiques considérés sont ceux définis par Raunkiaer [26], repris par diverses études sur la végétation des régions tropicales [25, 27, 28] : les chaméphytes (Ch), les hémicryptophytes (He), les géophytes (Ge), les thérophytes (Th) et les phanérophytes dont les mégaphanérophytes, les mésophanérophytes (mP), les microphanérophytes (mp) et les nanophanérophytes (np).

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée à l'aide de la matrice « Relevés x Espèces » [29] grâce au logiciel Community Analysis Package (CAP 2.15). Cette analyse a permis de regrouper les parcelles en fonction de la diversité floristique et des types de formations forestières. Pour chaque groupement discriminé, les paramètres floristiques et structuraux ont été déterminés. Les paramètres floristiques évalués étaient : la diversité spécifique ( $R_s$ ) des espèces, la fréquence relative des espèces ( $Fr$ ), l'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ), l'équitabilité de Pielou ( $E$ ) [30, 31], l'indice de valeur d'importance des familles ( $IVF$ ) et l'indice de valeur d'importance des espèces ( $IVI$ ) [32, 33].

La fréquence relative ( $FrR$ ) est définie par l'équation suivante (Equation 1) :

$$FrR = \frac{N_{ri}}{N_{rt}} \times 100 \quad (1)$$

Avec  $FrR$  la fréquence relative,  $N_{ri}$  le nombre de parcelles dans lesquels est présente l'espèce  $i$ ,  $N_{rt}$  le nombre de parcelles.

L'Indice de la diversité de Shannon ( $Ish$ ) est défini par l'équation suivante (Equation 2) :

$$Ish = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{n_i}{n} \right) \log_2 \left( \frac{n_i}{n} \right), \quad (2)$$

où  $n_i$  représente le nombre de parcelles dans lesquels est présente l'espèce  $i$  et  $n$  le nombre total de parcelles.

Les valeurs élevées d' $Ish$  reflètent les conditions environnementales propices pour l'installation des espèces. De faibles valeurs d' $Ish$  indiquent des conditions environnementales défavorables.

L'indice d'équitabilité de Pielou ( $Eq$ ) décrit le degré de diversité atteint par rapport à la diversité maximale ( $H_{max} = \log_2 R_s$ ). Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Si la valeur de  $E$  est proche de 0, la distribution des espèces est irrégulière. En revanche, une valeur de  $E$  proches de 1 indique une répartition des espèces.

$$Eq = \frac{Ish}{\log_2 R_s}, \quad (3)$$

$R_s$  = nombre d'espèces.

L'Indice de la Valeur d'Importance des espèces ( $IVI$ ) met en évidence les espèces ligneuses saillantes. Elle est déterminée par leurs densités relative ( $DER$ ), leur fréquence relative ( $FrR$ ) et leur dominance relative ( $DOR$ ). L'indice de Valeur d'Importance des Familles ( $VIF$ ) renseigne sur l'importance floristique des familles. C'est la somme de trois paramètres expressifs des valeurs biométriques quantitatives [34] : la dominance relative ( $DOR_F$ ), la diversité relative ( $DIR_F$ ) et la densité relative ( $DER_F$ ).

#### 2.3.2. Structure démographique

Les groupes identifiés ont été caractérisés par la hauteur moyenne de Lorey's ( $H_L$ , m), le diamètre moyen ( $Dm$ , cm), la densité moyenne ( $D$ , pieds/ha), la surface terrière ( $G$ ,  $m^2/ha$ ) et le taux de régénération moyen (%) [35, 36]. La répartition des tiges selon les classes de hauteur et de diamètre est ajustée selon les trois (3) paramètres théoriques de distribution de Weibull [37]. Les paramètres de distribution de Weibull sont déterminés à l'aide du logiciel minitab 16®. Les

diagrammes des structures en diamètres et en hauteurs ont été créés à l'aide du tableur microsoft Excel® 2016.

### 2.3.3. Analyse écologique

La distribution des différentes formations est liée aux paramètres physiques et activités humaines (feux de végétation, carbonisation, coupe du bois, champs, pâturage, campement des Peuls, etc.). Les paramètres physiques pris en compte sont la topographie (pente, plateau, plaine, versant, ravin), l'érosion du sol (néant, faibles, moyenne, forte) et l'état du sol (sans curasse, curasse à petites plaques et curasse à grandes plaques...). Cette analyse est réalisée avec le logiciel

CAP 2.5 en croisant les formations végétales avec les paramètres écologiques précités.

## 3. Résultats

### 3.1. Bilan floristique

L'inventaire botanique et forestier a permis d'identifier 102 espèces réparties en 77 genres et 32 familles. Les familles les plus diversifiées sont : les Fabaceae (27 espèces), les Combretaceae (10 espèces), les Malvaceae (7 espèces), les Moraceae (6 espèces) et les Rubiaceae (6 espèces) (Figure 4).

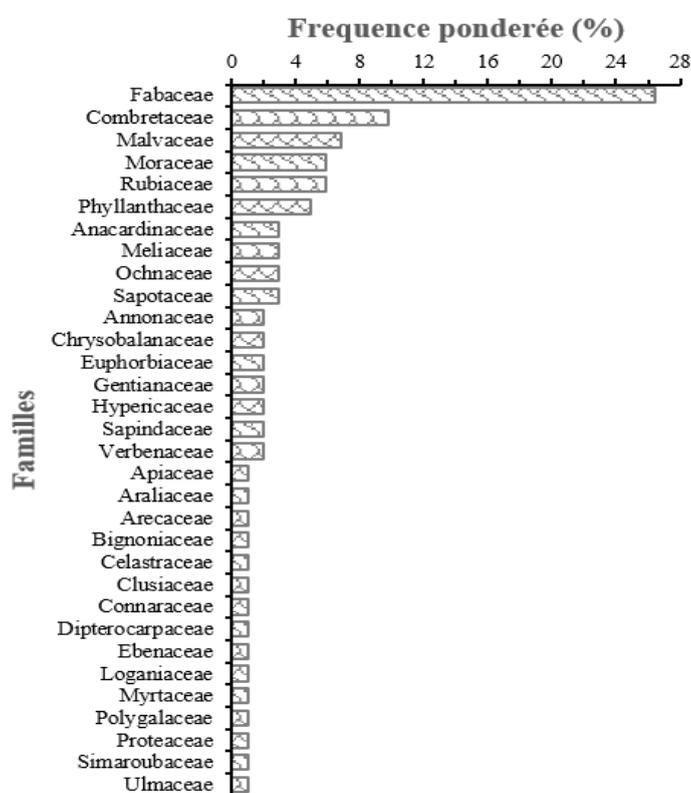


Figure 4 : Spectre brut des familles de plantes ligneuse du nord des monts de l'Atakora au Togo

Les fréquences spécifiques montre que la végétation de la zone écologique II est dominée par *Lannea acida* (53,62 %) suivie par *Vitellaria paradoxa* (44,93 %), *Burkea africana* et *Daniellia oliveri* (43,48 % chacune). *Terminalia laxiflora*, *Parinari curatellifolia*, *Crossopteryx febrifuga*, *Pterocarpus erinaceus*, *Detarium microcarpum*, *Uapaca togoensis*, *Lannea*

*barteri*, *Fucus sur*, *Isoberlinia doka*, *Piliostigma thonningii*, *Combretum glutinosum* et *Diopyros mespiliformis* ont des fréquences relatives comprises entre 40 % et 20 % (Figures 5).

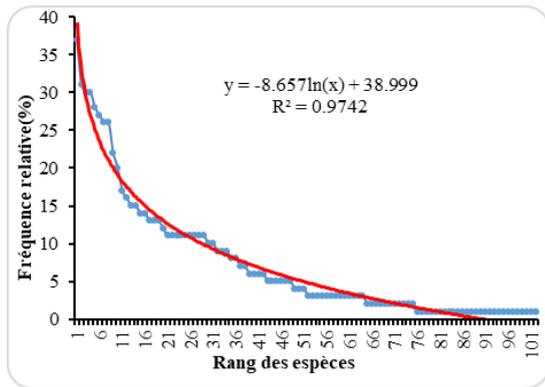


Figure 5 : Distribution de la fréquence des espèces en fonction du rang

Les microphanérophytes (53,92 %) et les mésophanérophites (40,20 %) sont les types

biologiques les plus représentés. Les nanophanérophites (5,88 %) sont moins représentées. En termes de chorologie, les espèces de transition Guinéo-Congolaises/Soudano-Zambéziennes (45,1 %) et les espèces Soudano-Zambéziennes (43,14 %) sont les plus diversifiées. Les espèces Guinéo-Congolaises (9,80 %) et les espèces Introduites (1,96 %) sont peu représentées.

### 3.2. Description des formations forestières de la chaîne des montagnes du nord du Togo

Au seuil de signification de 2,84 bits, quatre (4) groupes ont été discriminés. On distingue : les forêts galeries (G1a), les savanes boisées (G1b), les forêts claires (G1c) et les savanes arborées/arbustives (G2) (Figure 6).

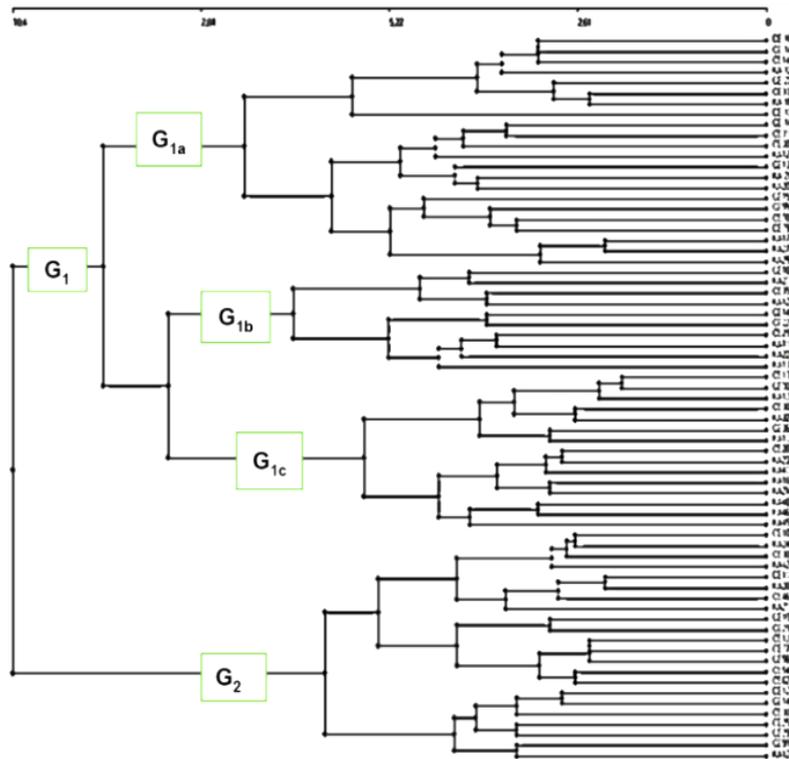


Figure 6 : Regroupement des parcelles d'inventaires sur la base des similarités floristiques

Les forêts galeries sont constituées de 22 parcelles. On y retrouve 73 espèces ligneuses réparties en 61 genres et 27 familles. *Piliostigma thonningii*, *Isobерlinia doka*, *Diospyros mespiliformis*, *Manilkara multinervis* et *Terminalia macroptera* sont les espèces les plus fréquentes. *Piliostigma thonningii* est la plus représentée (IVI = 80,70 %) (Tableau 1). Les familles

les plus représentées sont les Anacardiaceae, les Fabaceae et les Combretaceae (Tableau 2).

Les savanes boisées comprennent 10 parcelles de plaines et de zones inondables. Une florule de 53 espèces, 46 genres et 27 familles ont été recensée. Les espèces les plus communes sont : *Uapaca togoensis*, *Daniella oliveri*, *Pterocarpus erinaceus*, *Parkia biglobosa* et *Lannea acida*. *Uapaca togoensis* est

l'espèce caractéristique (IVI = 104,25 %) (Tableau 1). La famille des Fabaceae est la plus importante (FIV = 139,04 %) (Tableau 2).

Les forêts claires regroupent 15 relevés de versants et de bordures des zones de dépressions retrouvées dans le [Parc National Fazao-Malfakassa](#). La diversité est de 45 espèces réparties en 35 genres appartenant à 22 familles. Les espèces les plus fréquentes sont : *Lannea acida*, *Isobertinia tomentosa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Burkea africana* et *Pterocarpus curatellifolia*. *Lannea acida* est l'espèce caractéristique (IVI = 54,83 %) (Tableau 1). Les Fabaceae sont les plus dominantes (FIV = 122,30 %) (Tableau 2).

Le groupement des savanes arborées/arbustives comprend 22 relevés situés sur les plateaux. Les espèces les plus fréquentes sont : *Crossopteryx febrifuga*, *Burkea africana*, *Diospyros microcarpum*, *Parinari curatellifolia* et *Lannea acida*. La florule est de 45 espèces réparties en 37 genres appartenant à 21 familles. *Crossopteryx febrifuga* est l'espèce caractéristique (IVI = 94,42 %) (Tableau 1). Les Fabaceae sont les plus représentées (Tableau 2).

Tableau 1  
Espèces ligneuses prépondérantes des différentes formations végétales

Types de formations	Espèces	FrR	DER	DOR	IVI
G1a : Forêts galeries	<i>Piliostigma thonningii</i>	72,73	6,13	1,86	80,70
	<i>Isobertinia doka</i>	54,55	4,14	2,55	61,21
	<i>Diopyros mespiliformis</i>	45,45	4,32	5,25	59,02
	<i>Manilkara multinervis</i>	36,36	5,76	5,29	47,41
	<i>Terminalia laxiflora</i>	36,36	6,65	3,74	46,76
G1b : Savanes boisées	<i>Uapaca togoensis</i>	60,00	20,1 3	24,1 1	104,2 5
	<i>Daniella oliveri</i>	80,00	9,07	7,76	96,83
	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	70,00	7,74	10,3 1	88,05
	<i>Parkia biglobosa</i>	70,00	2,43	6,90	79,33
	<i>Lannea acida</i>	70,00	3,76	2,27	76,03
G1c : Forêts claires	<i>Lannea acida</i>	53,33	1,12	0,38	54,83
	<i>Isobertinia tomentosa</i>	53,33	0,38	0,2	53,9
	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	53,33	0,19	0,14	53,66
	<i>Burkea africana</i>	40,00	54,4	2,74	48,14
	<i>Parinari curatellifolia</i>	40,00	0,19	0,64	40,83
G2 : Savanes arborées/arbustives	<i>Crossopteryx febrifuga</i>	77,27	10,9 1	6,22	94,42
	<i>Burkea africana</i>	72,73	12,7	8,87	94,29
	<i>Detarium microcarpum</i>	63,64	18,0 4	9,06	90,74
	<i>Parinari curatellifolia</i>	59,09	9,13	5,92	74,13
	<i>Lannea acida</i>	63,64	4,90	3,87	72,41

FrR = Fréquence relative ; DER = Densité relative ; DOR = Dominance relative ; IVI = Indice de Valeur d'Importance

Tableau 2  
Familles prépondérantes des espèces ligneuses des différentes formations végétales

Types de formations	Familles	DER	DOR	DIR	FIV
G1a : Forêts galeries	Anacardiaceae	2,7	23,93	1,37	27,99
	Fabaceae	21,04	2,85	1,37	25,26
	Combretaceae	17,63	2,89	2,74	23,25
G1b : Savanes boisées	Fabaceae	34,29	40,04	64,7	139,04
	Euphorbiaceae	20,13	24,11	37,99	82,23
	Ancardiaceae	5,53	4,5	10,44	20,46
G1c : Forêts claires	Fabaceae	49,34	59,62	13,34	122,3
	Euphorbiaceae	9,5	6,11	13,33	28,94
	Dipterocarpaceae	8,38	5,33	8,89	22,6
G2 : Savanes arborées/arbustives	Fabaceae	39,14	38,29	31,62	109,04
	Ochnaceae	3,85	6,05	27,27	37,18
	Euphorbiaceae	5,55	4,58	18,18	28,31

DER = Densité relative ; DOR = Dominance relative ; DIR = Diversité relative et FIV = Indice de Valeur d'Importance des Familles

La richesse spécifique et l'indice de Shannon (*Ish*) dans les forêts galeries et les savanes boisées sont les plus élevés que celles des forêts claires et dans les savanes arbustives/arborées. L'équitabilité de Piélou (*Eq*) est élevée dans toutes les formations et indique une

répartition assez homogène des individus. La hauteur et le diamètre moyens des individus sont plus élevés dans les forêts galeries et dans les forêts claires. La densité des arbres et la surface terrière sont plus élevées dans les savanes boisées et les forêts claires.

Tableau 3  
Caractéristiques structurales des formations végétales

Type de formation	<i>Ish</i>	<i>Eq</i>	<i>H<sub>L</sub></i>	<i>Dm</i>	<i>G</i>	<i>D</i>
<b>G1a : Forêts galeries</b>	4,05	0,94	13,4	23,22	8,52	202
<b>G1b : Savanes boisées</b>	3,75	0,95	9,71	20,45	11,81	360
<b>G1c : Forêts claires</b>	3,43	0,90	10,62	24,35	10,38	286
<b>G2 : Savanes arbustives/arborées</b>	3,43	0,90	9,28	17,56	5,69	236

*Ish* : Indice de diversité de Shannon ; *Eq* : Équitabilité de Piélou ; *Dm* : Diamètre à 1,30m du sol moyen ; *H<sub>L</sub>* : Hauteur moyenne de Lorey's ; *G* : Surface terrière ; *D* : Nombre de pieds de *DHP*>10 cm à l'hectare.

### 3.3. Structure démographique des formations ligneuses discriminées

La structure des ligneux par classes de diamètres (Figure 7) présente une allure en « L » dans tous les

groupes. Le coefficient de forme de distribution théorique de Weibull à  $c < 1$  montre une prédominance des individus jeunes. Les classes de 10 à 20 cm sont les plus abondantes.

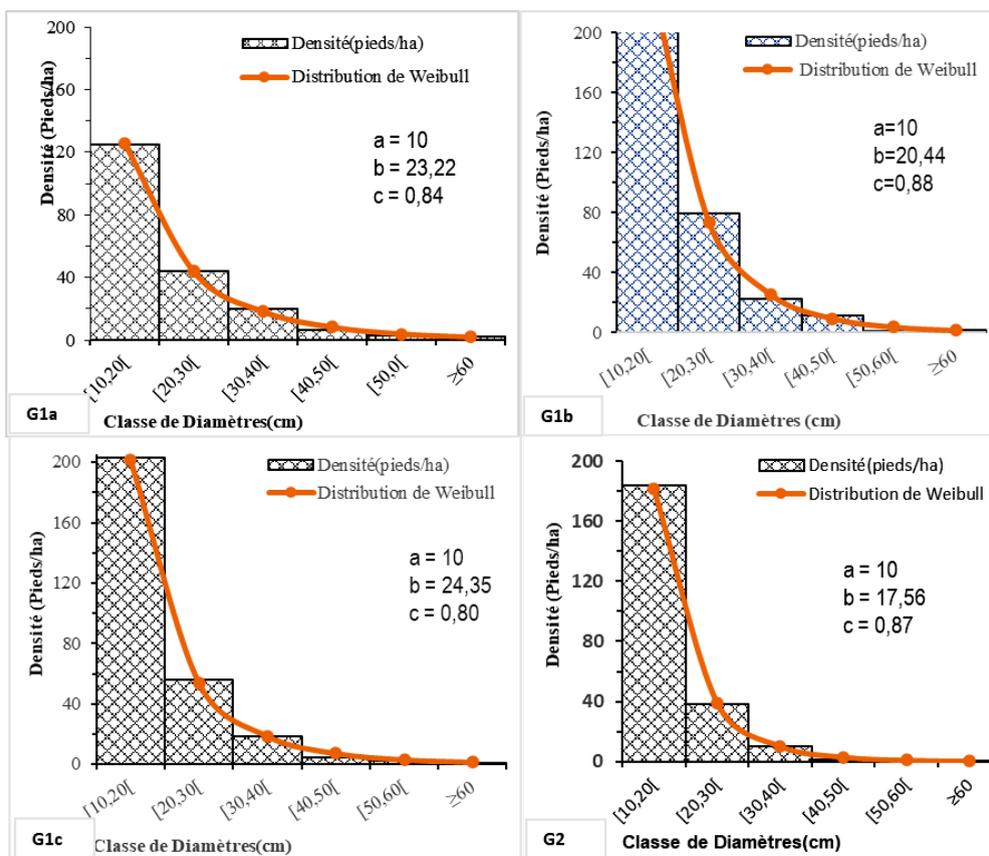


Figure 7 : Distribution par classe de diamètres des formations végétales

La répartition des tiges par classes de hauteurs ressort une distribution asymétrique positive avec un coefficient de forme de Weibull (c) compris entre 1 et 3,6 (Figure 8). Cette distribution est caractéristique des

peuplements avec prédominance d'individus de faibles hauteurs. Les ligneux de hauteur comprise entre [6, 8[ m les plus représentés.

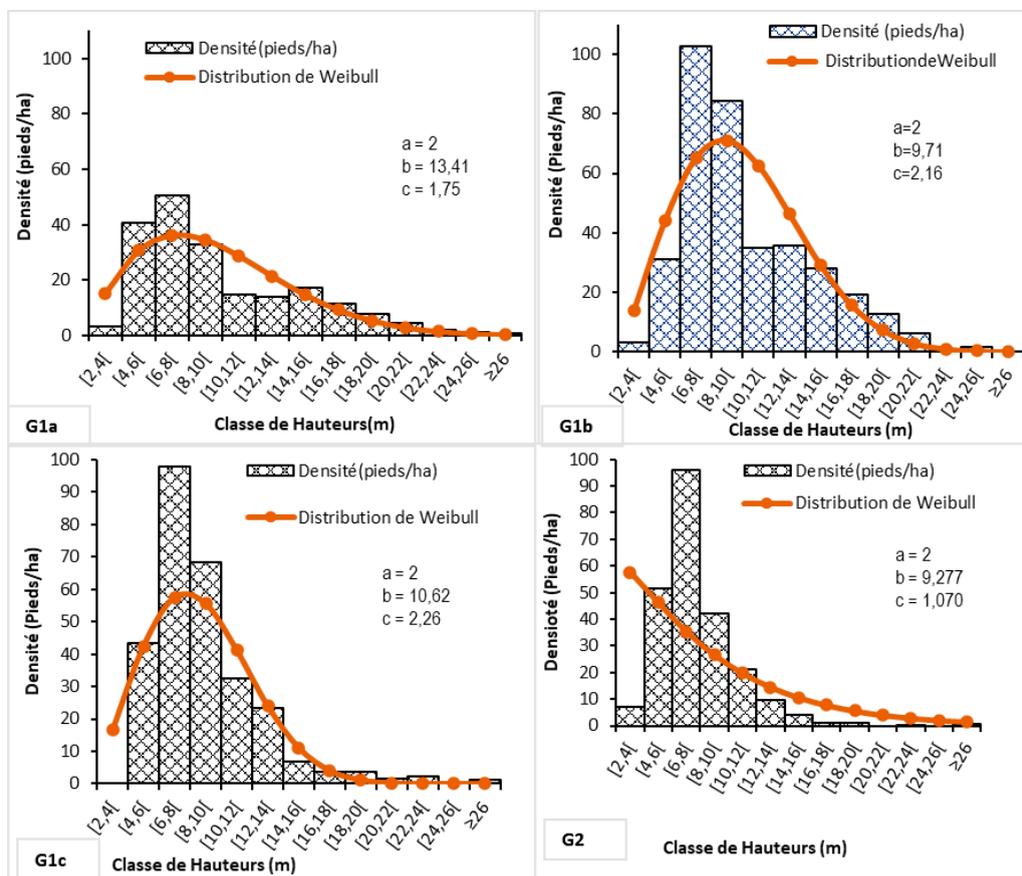


Figure 8 : Distribution par classe de hauteurs des formations végétales

Sur la chaîne de l'Atakora, les espèces végétales ligneuses régénèrent mieux dans les forêts galeries (238,85 pieds/ha) et les savanes boisées (159,24 pieds/ha). Les faibles densités de régénération s'observent dans les forêts claires (71,66 pieds/ha) et les savanes arbustives/arborées (119,432 pieds/ha). La régénération par les semis est plus élevée que par les souches (Figure 9). Le taux de régénération est abondant dans les groupes forêts galeries (66,24 %), moyenne dans les savanes boisées (45,34 %) et les savanes arborées/arbustives (36,94 %). Les forêts claires ont une un faible taux de régénération (22,31 %).

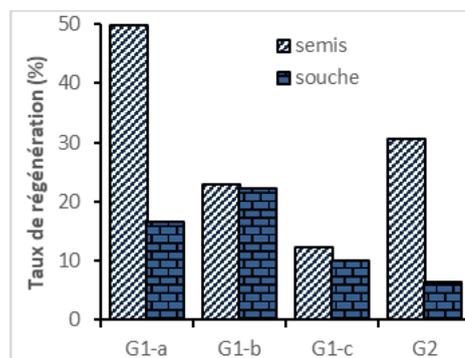


Figure 9 : Régénération des ligneux de la chaîne de l'Atakora

Tableau 4  
Taux de Régénération des ligneux

Formations	Individus adultes	Régénération	Appréciation
<b>G1a : Forêts galeries</b>	556	30	Abondante
<b>G1b : Savanes boisées</b>	452	25	Moyenne
<b>G1c : Forêts claires</b>	537	9	Faible
<b>G2 : Savanes arborées/arbustives</b>	649	15	Moyenne

La densité du sous-bois sur la chaîne est plus élevée dans les forêts galeries (230,89 pieds/ha) et dans les savanes arborées/arbustives (302,55 pieds/ha). Elle est plus faible dans les savanes boisées (175,16 pieds/ha) et dans les forêts claires (127,39 pieds/ha). La tendance au niveau du taux de sous-bois est identique. Le taux des sous-bois est abondant dans les forêts galeries (53,43 %) et les savanes arborées/arbustives (56,30 %) et moyen dans les savanes boisées (32,75 %) et les forêts claires (30,89 %).

#### 3.4. Relation entre les formations végétales les facteurs physiques et anthropiques

La première corrélation s'observe entre les sols curassés à petites plaques et à grandes plaques et l'érosion (néant, faible, moyen et fort). Cela explique la

présence des formations végétales anthropiques qui sont : des savanes arbustives tout au long de la chaîne. Le sol peu profond au niveau des pentes facilite l'érosion du sol. Les formations végétales situées sur les pentes restent plus vulnérables aux actions anthropiques.

La deuxième relation existe entre les sols (non érodés et sans cuirasses), les niveaux topographiques (plaine, plateau, ravin, versant) et les activités anthropiques : la coupe du bois, le pâturage et le campement d'éleveurs peuls. Sur les versants, les plateaux et les plaines, on distingue les forêts claires, les savanes boisées et arbustives. Les forêts galeries se retrouvent au niveau des ravins (Figure 10). La coupe du bois, le pâturage et le campement sont plus intenses sur les plateaux et la plaine. La population a plus accès à ces zones entraînant la dégradation des formations végétales. La carbonisation a été plus constatée au niveau des plaines et des plateaux.

La troisième relation se résume à l'écartement du vecteur du feu de végétation des autres vecteurs. Cet écartement suppose que le feu de végétation est rencontré un peu partout sur la chaîne de l'Atakora. Les formations végétales comprennent les savanes, les forêts claires et lambeaux de forêts galeries périodiquement parcourus par le feu de végétation. Il ressort de l'analyse que la topographie et les activités anthropiques expliquent mieux la répartition des formations végétales sur la chaîne de l'Atakora.

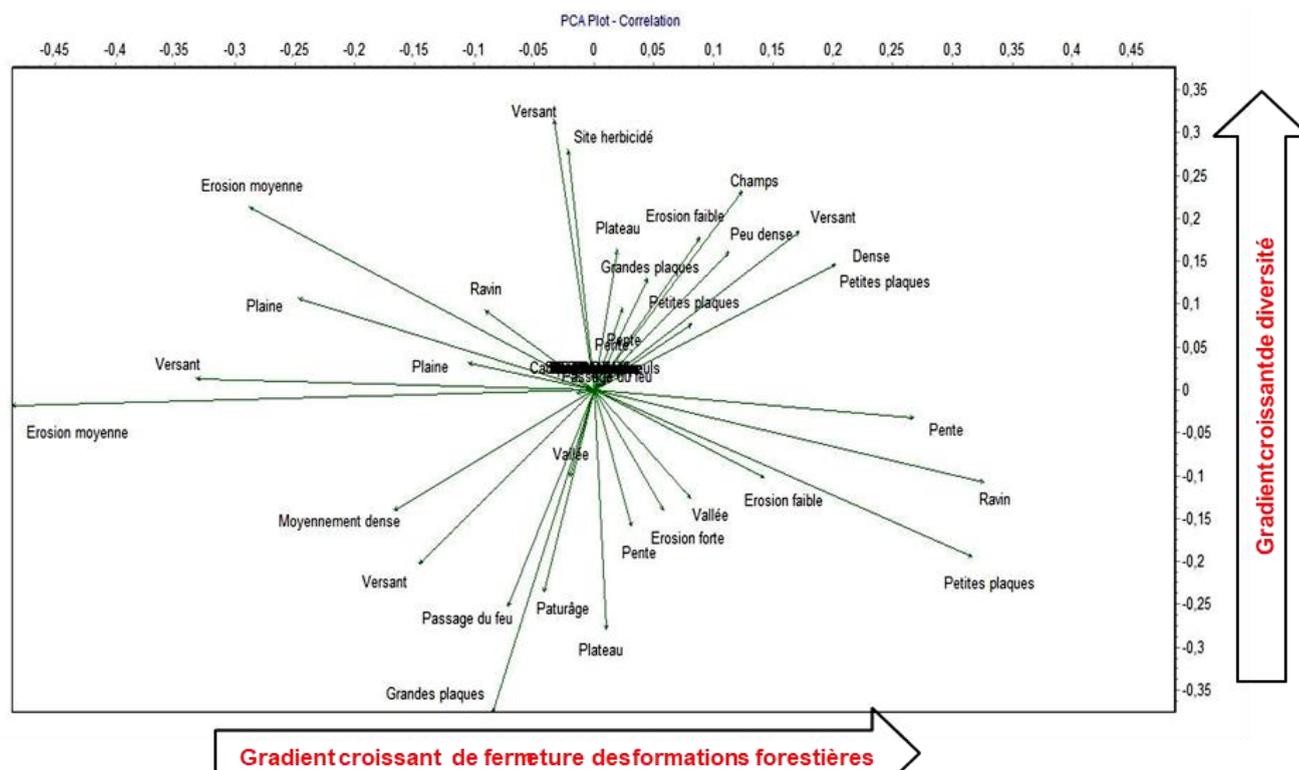


Figure 10 : Diagramme d'Ordination des Variables écologiques par PCA

#### 4. Discussion

Les investigations menées sur la chaîne de l'Atakora dans la zone écologique II du Togo ont permis de recenser 102 espèces réparties en 77 genres et 32 familles. Cette richesse spécifique est un peu plus supérieure à celle de la Reserve de Faune d'Aledjo (94 espèces) [19] et moins importante que celle du bassin de la Rivière mo (142 espèces) [38] située dans la zone écologique II. La grande diversité du bassin de la rivière mo s'expliquerait par le fait que cette étude s'est plus appesantie sur les galeries forestières, le plus souvent assez diversifiées. Les familles les plus diversifiées sont : les Fabaceae, les Combretaceae, les Malvaceae, les Moraceae et les Rubiaceae. Ces familles décrivent les conditions climatiques humides plus favorables au développement des plantes ligneuses. Les Fabaceae et Rubiaceae ont été les plus rapportées par les études précédentes au niveau de la zone écologique II du Togo [9, 20]. Ces familles sont caractéristiques de la flore de la zone de transition forêt-savane d'Afrique de l'Ouest [39].

Les types biologiques indiquent de l'état de la conservation et l'écologie des écosystèmes. Les microphanérophytes dominent la végétation de la chaîne de l'Atakora suivis des mésophanérophites. Les espèces de transition guinéo-congolaises/soudano-zambéziennes et des espèces soudano-zambéziennes sont les plus présentes. Ceci confirme le caractère transitionnel des formations végétales de la zone II. La présence des espèces soudano-zambéziennes a été signalée par Woegan [40] dans la réserve d'Aledjo et du Parc Fazao-Malfakassa.

Les conditions écologiques plus favorables justifient les valeurs plus élevées du diamètre moyen et de la hauteur moyenne dans les forêts galeries et des forêts claires. La topographie, l'humidité du sol plus importante, la faible incidence du feu de végétation favorisent le développement des plantes. Ces formations végétales sont fortement sujettes aux activités anthropiques [41, 42].

La structure en hauteurs des ligneux est asymétrique positive tandis que la structure en diamètres présente une forme en « L » dans toutes les formations étudiées. Cet état démographique est semblable à celui de

*Isoberlinia* ssp dans la zone écologique II du Togo [42] et dans les formations végétales de la forêt classée d'Atakpamé [43]. Cette distribution montre une présence très faible d'individus de grands diamètres. Ceci témoigne ainsi la pression sélective des espèces de grands diamètres et de hauteurs utilisées le plus souvent comme bois-énergie [44].

La densité de régénération plus élevée dans les forêts galeries montre une bonne régénération naturelle des espèces ligneuses favorisée par l'humidité du sol. Ceci justifie l'importance de la préservation de ces formations végétale, le plus souvent très riche en biodiversité [45, 46]. La régénération par souche élevée dans les forêts claires signale une pression anthropique dont l'émondage des espèces fourragères par les éleveurs en saison sèche. Ces résultats sont comparables à celles observées dans les formations à *K. senegalensis* situées dans la même zone d'étude [47].

Les facteurs biophysiques conditionnent l'existence et l'état de conservation de la végétation. Woegan [40], Wala *et al.* [48] et Diwediga *et al.* [38] ont également démontré que les facteurs biophysiques et anthropiques impactent la distribution et la conservation des écosystèmes forestiers. La densité de végétation de la chaîne de l'Atakora croît de la dépression environnante au sommet. Ceci peut être expliqué par la raideur de la pente difficile d'accès. De plus, les conditions pour réaliser les foyers de carbonisation sont très défavorables en montagne (sols peu profonds et pentes raides). Les foyers sont réalisés dans la dépression où se trouvent les sols hydromorphes (profonds). Des changements de la physionomie de la végétation en fonction de la topographie, de la nature du sol et des activités anthropiques ont été rapportés au niveau du Parc National Fazao-Malfakassa et la réserve de faune d'Aledjo [12, 19].

## 5. Conclusion

La chaîne de l'Atakora possède un grand potentiel d'arbres : 102 espèces réparties en 77 genres et 32 familles. La partie nord de la chaîne de l'Atakora à l'image des autres composantes du relief togolais offre aux populations environnantes une réserve de ressources essentielles pour subvenir à leurs besoins quotidiens. Cependant la pression de l'extravisme entraîne une dynamique régressive des formations

ligneuses. Ceci ressort à travers leurs structures démographiques. L'importance de ces écosystèmes pour le bien-être des populations résidentes et la résilience climatique n'est plus à démontrer. Afin de rendre plus efficaces les programmes de restauration des écosystèmes forestiers, il serait crucial de prendre en compte les espèces ligneuses d'intérêt dans.

## Remerciements

La collecte des données a été réalisée dans le cadre du premier inventaire forestier national (IFN, 2015). Notre reconnaissance à la DFS (Forest Desth Serve, GmH) qui a mis à notre disposition du matériel technique et roulant ayant facilité la collecte des données.

## Références

- [1] Kombate B., Dourma m., Folega F., Atakpama W., Wala K. & Akpagana K. (2020) Spatio-temporal dynamics and habitat fragmentation within a central region of Togo, *Agri. Sci. Res. J.*, 10 (11): 291 – 305. Disponible sur internet : <https://www.resjournals.com/wp-content/uploads/2021/05/Bimare-KOMBATE-et-al.pdf> (Accédé le : 14/11/2023)
- [2] FAO, 2015. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2015 : Répertoire de données de FRA 2015*. In: FAO, Rome, Italy, 244. Disponible sur internet : <https://www.fao.org/3/i4793f/i4793f.pdf> (Accédé le : 12/11/2023)
- [3] PNUD, 1983. *Carte écogéographique du Togo au 500 000<sup>ème</sup> Conservation et aménagement des sols*.
- [4] CDB, 2001. *Convention sur la diversité biologique*.
- [5] Linder H.P. (2001) On Areas of Endemism, with an Example from the African Restionaceae, *Syst. Biol.*, 50 (6): 892-912. <https://doi.org/10.1080/106351501753462867>
- [6] Mutke J. Kier G. Braun G. Schultz C. & Barthlott W. (2001) Patterns of African vascular plant diversity: A GIS based analysis. *Syst. Geo. Plants*: 1125-1136. Disponible sur internet: <http://www.jstor.org/stable/3668744> (Accédé le 05/06/2023)
- [7] Ern H. (1979) Die Vegetation Togos, Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. *Willdenowia*, 9 (2) : 295-315. <https://doi.org/10.2307/3995654>
- [8] Folega F. Woegan Y.A.marra D. Wala K. Batawila K. Seburanga J.L. Zhang C.-y. Peng D.-l. Zhao X.-h. & Akpagana K. (2015) Long term evaluation of green vegetation cover dynamic in the Atakora mountain chain (Togo) and its relation to carbon sequestration in West Africa., *J. mount. Sci.*,12 (4): 921-934. <https://doi.org/10.1007/s11629-013-2973-1>
- [9] Atsri H.K. Abotsi K.E. & Kokou K. (2018) Enjeux écologiques de la conservation des mosaïques forêt-savane semi-montagnardes au centre du Togo (Afrique de l'Ouest). *J. Anim. Plant Sci.*, 38 (1): 6112-6128. Disponible sur internet: <http://m.elewa.org/Journals/vwp-content/uploads/2018/09/6.Atsri.pdf> (Accédé le : 12/11/2023)
- [10] Atsri H.K. Kokou K. Abotsi K.E. Kokutse A.D. & Cuni-Sanchez A. (2020) Above-ground biomass and vegetation

- attributes in the forest-savannah mosaic of Togo, West Africa. *Afr. J. Ecol.* 58 (4): <https://doi.org/733-745>. 10.1111/aje.12758
- [11] Atsri H.K. Konko Y. Cuni-Sanchez A. Abotsi K.E. & Kokou K. (2018) Changes in the West African forest-savanna mosaic, insights from central Togo. *PloSone*, 13 (10): e0203999. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203999>
- [12] Atsri H.K. Abotsi K.E. Kokou K. Dendi D. Segniagbeto G.H. Fa J.E. & Luiselli L. (2020) Ecological challenges for the buffer zone management of a West African National Park. *J. Env. Plan. man.*, 63 (4): 689-709. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1603844>
- [13] Abotsi K.E. Bose R. Adjossou K. Deblauwe V. Rouhan G. Segla K.N. Atsri K.H. & Kokou K. (2020) Ecological drivers of pteridophyte diversity and distribution in Togo (West Africa). *Ecol. Ind.* 108: 105741. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105741>
- [14] Hlovor A.K.D. Adjou K. Dangbo F.A. Abotsi K.E. Afelu B. & Kokou K. (2021) Dynamique du couvert forestier dans la partie méridionale des monts Togo, Afrique de l'Ouest. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 37: 3006313. [https://revist.net/REVIST\\_37/19-ST-793.pdf](https://revist.net/REVIST_37/19-ST-793.pdf)
- [15] Kombate B. Dourma m. Folega F. Woegan A.Y. & Akpagana K. (2019) Structure et potentiel de séquestration de carbone des formations boisées du Plateau Akposso en zone sub-humide au Togo. *Afrique Sci.*, 15 (2): 70-79. Disponible sur internet: <http://www.afriquescience.net/AS/15/7.pdf> (Accédé le : 12/11/2023)
- [16] Folega F. Wala K. Woegan A.Y. Kanda m. Dourma m. Batawila K. & Akpagana K. (2018) Flore et communautés végétales des inselbergs du Sud-Est du Togo. *Physio-Géo.*, 12: 1-21. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.5672>
- [17] Aboza K. Boukpepsi T. Lare Y.L. & Tchamie T.T. (2015) Caractéristiques floristiques et écologiques des formations végétales du massif de Djabotour (Centre-Togo). *Rev. Géol. Univ. Ouagadougou*, 04 (2): 79-95. Disponible sur internet: [https://revuegeographieouaga.com/wp-content/uploads/2020/02/RGO-2015\\_V2\\_ABOZA.pdf](https://revuegeographieouaga.com/wp-content/uploads/2020/02/RGO-2015_V2_ABOZA.pdf) (Accédé le : 14/11/2023)
- [18] Dangbo F.A. Abotsi K.E. Adjossou K. Hlovor A.K.D. Kokou K. & Blaser J. (2020) Tree's spatial pattern, diversity and distribution in sub humid mountains ecosystems in south-west Togo. *J. Ecol. Nat. Env.*, 12 (2): 65-76. <https://doi.org/10.5897/JENE2020.0821>
- [19] Wala K. Woegan A.Y. Borozzi W. Dourma m. Atato A., Batawila K. & Akpagana K. (2012) Assessment of vegetation structure and human impacts in the protected area of Alédjo (Togo). *Afr. J. Ecol.*, 50 (3): 355-366. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2012.01334.x>
- [19] Woegan Y.A. Akpavi S. Dourma m. Atato A. Wala K. & Akpagana K. (2013) Etat des connaissances sur la flore et la phytosociologie de deux aires protégées de la chaîne de l'Atakora au Togo: Parc National Fazao-Malfakassa et Réserve de Faune d'Alédjo. *IJBOS*, 7 (5): 1951-1962. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbos.v7i5.14>
- [20] Dourma m. Batawila K. Guelly K.A. Bellefontaine R. Foucault B.d. & Akpagana K. (2012) La flore des forêts claires à *Isobertinia spp.* en zone soudanienne au Togo. *Acta Bot. Gal.* 159 (4): 395-409. <https://doi.org/10.1080/12538078.2012.737118>
- [21] Atakpama W. Folega F. Azo A.K. Pereki H. mensah K. Wala K. & Akpagana K. (2017) Cartographie, diversité et structure démographique de la forêt communautaire d'Amavénou dans la préfecture d'Agou au Togo. *Rev. Géol. Univ. Ouagadougou*, 2 (6): 59-82.
- [22] Chase m.W. Christenhusz m.J.M. Fay m.F. Byng J.W. Judd W.S. Soltis D.E. mabberley D.J. Sennikov A.N. Soltis P.S. & Stevens P.F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linnean Soc.* 181 (1) (2016): 1-20. Disponible sur internet: <https://academic.oup.com/botlinnean/article-pdf/181/1/1/17041938/boj12385.pdf> (Accédé le : 14/11/2023)
- [24] Raunkiaer C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. OXFORD, 147 p.
- [25] White F. 1986. *La végétation de l'Afrique-Recherches sur les ressources naturelles*. Paris: ORSTOM-UNESCO, 384 p. Disponible sur internet:
- [26] Aké Assi L. 1984. « Flore de la Côte d'Ivoire : Étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques ». Univ. Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, Thèse de doctorat d'Etat, 1206 p.
- [27] Dimobe K. Wala K. Batawila K. Dourma m. Woegan Y.A. & Akpagana K. (2012) Analyse spatiale des différentes formes de pressions anthropiques dans la réserve de faune de l'Oti-Mandouri (Togo). *Vertigo*, Hors-série 14. <https://doi.org/10.4000/vertigo.12423>
- [28] Ameganvi K.P. Atakpama W. Batawila K. & Akpagana K. (2023) Productivité et usage des parcours bovins dans la préfecture de Tchamba au Togo. *Rev. Nature Tech.*, 15 (1): 41-55. Disponible sur internet: <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/47/15/1/213518> (Accédé le : 12/11/2023)
- [29] Cruz P. Theau J.P. Lecloux E. Jouany C. & Duru M. (2010) Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes: une classification multitraits. *Fourrages*, 201: 11-17. Disponible sur internet: <https://hal.inrae.fr/hal-02667215/document> (Accédé le : 12/11/2023)
- [30] Magurran A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press, p.
- [31] Kent m. & Coker P. 1992. *Vegetation description and analysis: a practical approach*. John Wiley & Sons, England, 363 p. In.
- [32] Padakale E. Atakpama W. Dourma m. Dimobe K. Wala K. & Akpagana K. (2015) Woody species diversity and structure of *Parkia biglobosa* Jacq. Dong parklands in the sudanian zone of Togo (West Africa). *ARRB*, 6 (2): 103-114. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/14105>
- [33] Pereki H., Wala K., Thiel-Clement, Bessike M., P.B. Zida M., Dourma M. Batawila K. & Akpagana K. (2013) Woody species diversity and important value indices in dense dry forests in Abdoulaye Wildlife Reserve (Togo, West Africa). *Int. J. Biodivers. Conserv.*, 5 (6): 358-366. <https://doi.org/10.5897/IJBC12.061>
- [34] Pereki H., Wala K., Thiel-clemen T., Bessike M.P.B., Zida M., Dourma M., Batawila K. & Akpagana K. (2013) Woody species diversity and important value indices in dense dry forests in Abdoulaye Wildlife Reserve (Togo, West Africa). *Int. J. Biodivers. Conserv.* 5 (6): 358-366. <https://doi.org/10.5897/IJBC12.061>
- [35] Atakpama W. Egbelou H. Folega F. Afo C. Batawila K. & Akpagana K. (2022) Diversité floristique des forêts communautaires de la préfecture de Dankpen au Togo. *RMSAV*, 10 (4): 548-557. Disponible sur internet: [https://agrimaroc.org/index.php/Actes\\_IAPH2/article/view/1222](https://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/1222) (Accédé le : 12/11/2023)
- [36] Bawa D.M.-E. Folega F. Atato A. Diwediga B. Wala K. & Akpagana K. (2022) Caractéristiques floristiques et structurales de la forêt communautaire d'Agbandi au centre du Togo (Afrique de l'ouest). *Rev. Écos. Pays.* 1 (2): 55-74.
- [37] Husch B. Beers T.W. & Kershaw Jr J.A. 2002. *Forest mensuration*. John Wiley & Sons.
- [38] Diwediga B. Wala K. Folega F. Dourma m. Woegan Y.A. Akpagana K. & Le Q.B. (2015) Biophysical and anthropogenous determinants of landscape patterns and degradation of plant communities in mo hilly basin (Togo). *Ecol. Eng.*, 85: 132-143. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.059>

- [39] Aubreville A. 1950. *Flore forestière soudano-guinéenne : A.O.F.-Cameroun-A.E.F.* Paris, France, 523 p.
- [40] Woegan Y. 2007. « *Diversité des formations végétales ligneuses du parc national de Fazao-Malfakassa et de la réserve de faune d'Aledjo (Togo)* ». Thèse de Doctorat Unique : Univ. Lomé, Togo, 142 p.
- [41] Diwediga B. Batawila K. Wala K. Hounkpè K. Gbogbo A.K. Akpavi S. Tatoni T. & Akpagana K. (2012) Exploitation agricole des berges : une stratégie d'adaptation aux changements climatiques destructrice des forêts galeries dans la plaine de l'Oti. *African Socio. Rev.*, 16 (1): 77-99. Disponible sur internet: <https://www.ajol.info/index.php/asr/article/download/87627/77291> (Accédé le : 12/11/2023)
- [42] Dourma m. Wala K. Guelly K.A. Bellefontaine R. Deleporte P. Akpavi S. Batawila K. & Akpagana K. (2012) Typologie, caractéristiques structurales et dynamique des faciès forestiers fragiles à *Isoberlinia* spp. en vue de leur gestion au Togo. *BFT*, 313 (3): 19-34. Disponible sur internet: [https://agritrop.cirad.fr/566852/1/document\\_566852.pdf](https://agritrop.cirad.fr/566852/1/document_566852.pdf) (Accédé le : 12/11/2023)
- [43] Dourma m. Souou E. Atakpama W. Folega F. & Akpagana K. (2019) Dynamique spatio-temporelle et structure de la végétation de la forêt classée d'Atakpamé au Togo. *Ann. Sci. Tech.*, 19 (1): 1-22. Disponible sur internet: <http://www.annalesumng.org/index.php/st/article/view/642/182319> (Accédé le : 12/11/2023)
- [44] Kaina A. Dourma m. Diwediga B. Folega F. Kpérkouma W. & Akpagana K. (2021) Analyse systémique des modèles de production de bois énergie dans la Région Centrale du Togo, Afrique de l'Ouest. *Afrique SCI.*, 19 (2): 151-161. Disponible sur internet: <https://www.afriquescience.net/PDF/19/2/12.pdf> (Accédé le : 12/11/2023)
- [45] Folega F. Kanda m. Fandjinou K. Bohnett E. Wala K. Batawila K. & Akpagana K. (2023) Flora and Typology of Wetlands of Haho River Watershed, Togo. *Sustainability*, 15 (3): 2814. <https://doi.org/10.3390/su15032814>
- [46] Folega F. Badjare B. Tchabi m. Kamara m. Atakpama W. Issifou A. Oyetunde D. Wala K. Batawila K. & Akpagana K. (2023) Land Use Change and the Structural Diversity of Affem Bousou Community Forest in the Tchamba 1 Commune (Tchamba Prefecture, Togo). *Conservation*, 3 (3): 346-362. <https://doi.org/10.3390/conservation3030024>
- [47] Issa I. Wala K. Dourma m. Atakpama W. Woegan Y.A. Folega F. Batawila K. & Akpagana K. « *Typologie et structure de Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss. (Meliaceae) sur les monts Défalé (préfecture de Doufelgou)* » In 1<sup>er</sup> colloque Scientifique Internationale de l'Université de Kara, 2015, 12-16 mai 2014, 99-110. Disponible sur internet: [https://www.researchgate.net/publication/362109688\\_Typologie\\_et\\_structure\\_de\\_Khaya\\_senegalensis\\_Desr\\_A\\_Juss\\_Meliaceae\\_sur\\_les\\_Monts\\_Defale\\_prefecture\\_de\\_Doufelgou?\\_sg%5B0%5D=VzHgkW74FpbXuCq4BDXUb4eTMpqb4xDGaiqPo-altwvthECu8QVVVLN080iPOMs1Irf06nGM9-2BQIMklBczvR2bfaR57\\_RBcpw89Sk.qL7C1KWE0VaTihLkAENcKzTRRP\\_fD7X6AHXZjEF3NiVqSV5FJxP\\_hWqctN1ym11Ue19qnswhHFZlBrvC7jxag&\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Ij9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoicHJvZmlsZSI6InBvc2l0aW9uIjoicGFuZUNvbnRlbnQifX0](https://www.researchgate.net/publication/362109688_Typologie_et_structure_de_Khaya_senegalensis_Desr_A_Juss_Meliaceae_sur_les_Monts_Defale_prefecture_de_Doufelgou?_sg%5B0%5D=VzHgkW74FpbXuCq4BDXUb4eTMpqb4xDGaiqPo-altwvthECu8QVVVLN080iPOMs1Irf06nGM9-2BQIMklBczvR2bfaR57_RBcpw89Sk.qL7C1KWE0VaTihLkAENcKzTRRP_fD7X6AHXZjEF3NiVqSV5FJxP_hWqctN1ym11Ue19qnswhHFZlBrvC7jxag&_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Ij9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoicHJvZmlsZSI6InBvc2l0aW9uIjoicGFuZUNvbnRlbnQifX0) (Accédé le : 12/11/2023)
- [48] Wala K. (2010) La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin: diversité floristique, phytosociologie et impact humain. *Acta Botanica Gallica*, 157 (4): 793-796. <https://doi.org/10.1080/12538078.2010.10516248>.