

TYPOLOGIE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX DE LA CHAÎNE DE L'ATACORA DANS LA COMMUNE DE NATITINGOU AU NORD-BÉNIN

Ismaila TOKO IMOROU

*Laboratoire de Cartographie (LaCarto), Université d'Abomey-Calavi (UAC),
10BP1082 Cotonou-Houéyihou, Bénin. Email : tokismael@gmail.com*

RÉSUMÉ

La chaîne de l'Atacora reste un grand pôle de diversité écologique au Bénin, qui se traduit par l'existence de nombreux micro-écosystèmes abritant une flore bien diversifiée rare et unique au Bénin. La présente recherche a été réalisée dans la commune de Natitingou où la végétation subit de plus en plus l'influence des activités anthropiques notamment l'urbanisation et l'agriculture. Le but de cette recherche est de caractériser les groupements végétaux de la chaîne de l'Atacora. Les relevés phytosociologiques ont été réalisés dans 92 placeaux de 900 m² suivant l'approche sigmatiste de Braun-Blanquet. Six groupements végétaux comportant 214 espèces réparties en 168 genres et 63 familles ont été obtenus. Les familles les plus représentées sont les *Leguminosae* (21 %), les *Poaceae* (10 %), les *Rubiaceae* (7 %) et les *Combretaceae* (3 %). Les types biologiques sont dominés par les phanérophytes suivies des thérophytes et des hémicryptophytes. Les espèces de l'élément base soudanien, à distribution continentale et à large distribution géographique représentent respectivement 27 % ; 60 % et 14 % des types phytogéographiques. La densité et la surface terrière des arbres ont considérablement diminué par rapport aux années précédentes du fait de la dégradation de la végétation. La structure en diamètre des peuplements révèle une distribution asymétrique droite caractéristique des peuplements où prédominent des individus de faibles circonférences. Les résultats de la présente recherche montrent que la chaîne de l'Atacora abrite des écosystèmes particuliers de milieu humide nonobstant sa localisation dans la région soudanienne. Ces écosystèmes méritent d'être préservés à travers une politique inclusive de gestion locale des ressources naturelles.

Mots clés : Groupements végétaux, espèces, relevés phytosociologiques, chaîne de l'Atacora, Bénin

PLANT COMMUNITIES' TYPOLOGY ON THE ATACORA MOUNTAIN IN THE DISTRICT OF NATITINGOU IN NORTH BENIN

ABSTRACT

The Atacora mountain remains a major pole of ecological diversity in Benin, which is reflected in the existence of lot of micro-ecosystems with a very diversified flora that is rare and unique in Benin. The present research was conducted in the district of Natitingou, where vegetation is increasingly influenced by human activities, particularly urbanization and agriculture. The aim of this research is to characterize the plant communities of the Atacora mountain. The phytosociological surveys were carried out in 92 plots of 900 m² following the sigmatist approach of Braun-Blanquet. Six plant communities comprising 214 species distinguished into 168 genera and 63 families were obtained. The most represented families are Leguminosae (21%), Poaceae (10%), Rubiaceae (7%) and Combretaceae (3%). Plant life forms are dominated by phanerophytes followed by therophytes and hemicryptophytes. The Sudanian species, continental distribution species and wide geographical distributionspecies represent respectively 27%; 60% and 14% chorological types. The stem density and basal area have decreased considerably compared to previous years due to the degradation of vegetation. The diameter structure of the stands reveals a straight asymmetric distribution characteristic of stands dominated by individuals with small circumferences. The results of this research show that the Atacora mountain is habitats to particular wetland ecosystems notwithstanding its location in the Sudanian region. These ecosystems deserve to be preserved through an inclusive policy of local management of natural resources.

Keywords : plant communities, species, phytosociological surveys, Atacora mountain, Benin

INTRODUCTION

Les forêts tropicales de l'Afrique de l'Ouest constituent l'un des écosystèmes les plus diversifiés de la planète, avec un taux d'endémisme élevé (Myers *et al.*, 2000 ; Ahouandjinou *et al.*, 2017). Cependant, elles subissent une exploitation anthropique très forte et perdent chaque année 0,5 à 1 % de leur superficie (Achard *et al.*, 2002). Les taux les plus alarmants de destruction des milieux naturels en Afrique subsaharienne sont enregistrés dans les pays comme le Togo (1,44 %), le Ghana (1,26 %), le Bénin (1,25 %), la Guinée (1,12 %) et le Nigeria (0,86 %). Cependant, le cas du Bénin reste inquiétant à cause de sa situation dans le Dahomey Gap (White, 1983) qui explique la diversité et la fragmentation des formations végétales et la variabilité de la composition floristique des groupements végétaux (Akoègninou *et al.*, 2006 ; Issifou Moumouni *et al.*, 2017. Estimée à 4 611 000 hectares (FAO, 1999), les forêts béninoises perdent en moyenne près de 70.000 hectares de superficie par an (FAO, 2010). Le reste, est constitué de superficies boisées, inégalement réparties selon les régions naturelles. Parmi celles-ci, figurent des zones de montagnes qui constituent des écosystèmes particulièrement riches, à fortes diversifiées et qui revêt une grande importance écologique et économique (Tente & Sinsin, 2002). La chaîne de l'Atacora reste un grand pôle de diversité écologique au Bénin, qui se traduit par l'existence de nombreux micro-écosystèmes abritant une flore bien diversifiée rare et unique au Bénin (Tente, 2005 ; Adomou *et al.*, 2006 ; Wala, 2010). Toutefois, cet écosystème reste fragile en raison de son paysage vallonné caractérisé par des reliefs accidentés, des pentes abruptes et des sols peu profonds (Agbanou *et al.*, 2018). Mais, l'influence humaine sur cette chaîne du fait des activités qui s'y déroulent participe à sa dégradation et continue de marquer ce paysage. En outre, la forte croissance démographique actuelle, a induit une demande sans cesse croissante des besoins en terres cultivables, et les terres autrefois marginales telles que les collines pierreuses sont de plus en plus exploitées. Les éleveurs des régions sahéliennes envahissent les savanes soudaniennes en saison sèche à la recherche de fourrage et de points d'eau pour leurs troupeaux. Toutes ces activités humaines sont fortement concentrées aujourd'hui sur la chaîne de l'Atacora, engendrant ainsi des conséquences néfastes pour la flore et la végétation de cet écosystème. Dans les pays comme le Ghana (Hall & Swaine, 1976) et le Togo (Akpagana, 1989), cette chaîne a fait l'objet de nombreuses études et la végétation a été décrite. Mais au Bénin, elle est restée peu explorée (Hahn-Hadjali *et al.*, 2000). Seules quelques études ont été effectuées sur la flore et la végétation (Sieglstetter & Wittig, 2002 ; Tente & Sinsin, 2002 ; Tente, 2005 ; Wala, 2004 ; 2010 ; Agbanou, 2018 ; Agbanou *et al.*, 2018), alors que cet écosystème continue de subir de fortes dégradations. Aujourd'hui, cette dégradation de la végétation est perceptible à tous les niveaux de la chaîne, ce qui pose l'éternel problème de la conservation des ressources naturelles sensibles et à caractère particulier. Il semble donc nécessaire de faire un état des lieux, afin de comprendre la dynamique actuelle de la flore et de la végétation au niveau de cette chaîne et de comprendre les facteurs pouvant

expliquer sa dégradation accélérée. La présente recherche a été réalisée dans la commune de Natitingou où la végétation subit de plus en plus l'influence des activités anthropiques notamment l'urbanisation très poussée et l'agriculture. Son but est de caractériser les groupements végétaux de la chaîne de l'Atacora.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

Cadre d'étude

La commune de Natitingou est située entre 10°03' et 10°26' de latitude nord et entre 1°11' et 1°37' de longitude est. Elle est localisée dans le département de l'Atacora et couvre une superficie de 3.045 km² (Figure 1). Elle compte neuf arrondissements dont trois urbains et six ruraux. Sur le plan phytogéographique, elle appartient au phytodistrict "chaîne de l'Atacora" dans la région soudanienne (Adomou *et al.*, 2006). Elle bénéficie d'un climat soudanien qualifié d'atacorien (Houssou, 1998), caractérisé par une saison sèche qui dure cinq à six mois et une saison pluvieuse qui dure six à sept mois. Les moyennes pluviométriques sont de 1300 mm par an. La température moyenne annuelle tourne autour de 28°C (ASECNA, 2018). Le secteur d'étude est influencé par deux masses d'air au cours de l'année : l'alizé maritime et l'alizé continental encore appelé harmattan. Le relief de la commune est constitué de haut plateau accidenté à très forte pentes où collines et dépressions se côtoient. On y rencontre les sols ferrugineux hydromorphes et sols hydromorphes sur matériaux d'apport, les sols ferrugineux lessivés sans concrétions sur argile d'altération des migmatites, les sols ferrugineux lessivés à concrétions sur roche dure, les sols ferrugineux plus ou moins lessivés sur matériau kaolinique, les sols ferrugineux lessivés hydromorphes composés de matériaux colluviales sableux et argileux et les sols minéraux peu évolués d'origine lithique sur quartzite et micaschistes atacoriens (Faure, 1977). La végétation est dominée par des savanes saxicoles, des forêts galeries et des mosaïques de champs et jachères.

Outils

Les outils utilisés pour la collecte des données floristiques sont : un GPS pour la prise des coordonnées géographiques, un clinomètre pour la mesure de la hauteur des arbres, un décimètre pour le dimensionnement des placeaux et la mesure de la circonférence des arbres, des papiers journaux pour l'herborisation des échantillons botaniques, un sécateur de jardinier pour le prélèvement des échantillons botaniques.

Les logiciels de traitement des données utilisés sont : CAP, PCORD et R 3.1.1.

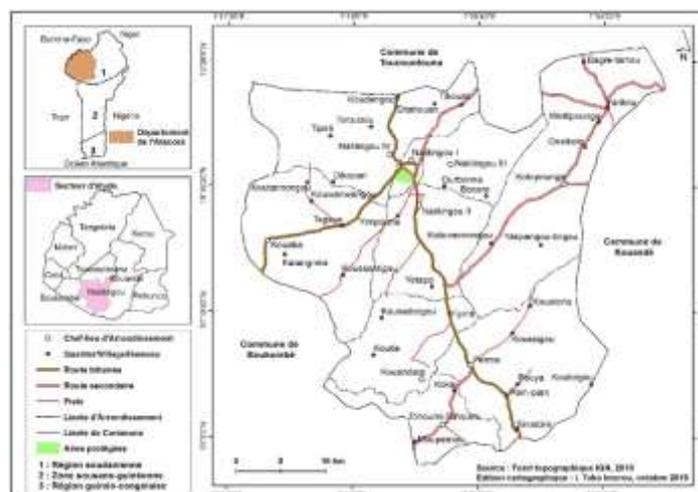


Figure 1. Localisation de la commune de Natitingou

Méthodes

Collecte des données

Des relevés phytosociologiques ont été réalisés dans l'ensemble des formations végétales du secteur d'étude suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1932). La taille des relevés a été retenue en référence aux travaux effectués en milieu tropical (Tente, 2005 ; Toko Imorou, 2008). Au total, 92 placeaux de 900 m² (30 m x 30 m) ont été installés pour la collecte de données floristiques. Au sein de ces placeaux sont installés des placettes de 100 m² pour la strate herbacée. Pour les forêts galeries, des placeaux de 45 m x 20 m ont été retenus (Arouna, 2012). Pour chaque relevé, la situation topographique (versant, bas de versant, mi-versant, haut de versant ou sommet.), la texture du sol et le type de formation végétale ont été notés. Les données dendrométriques mesurées dans les placeaux sont la circonférence (C = 30 cm) et la hauteur des arbres.

L'identification des espèces est faite directement sur le terrain. Les spécimens des espèces non identifiées sur le terrain ont été récoltés et comparés à ceux de l'Herbier National du Bénin ou à partir des Flores (Arbonnier, 2002 ; Akoègninou *et al.*, 2006). La nomenclature adoptée est celle de la Flore Analytique du Bénin (Akoègninou *et al.*, 2006).

Traitement des données

Individualisation des groupements végétaux

La classification hiérarchique des relevés à partir du logiciel CAP (Community Analysis Package) a permis d'obtenir un dendrogramme. Les espèces caractéristiques (Dufrene & Legendre, 1997) de chaque groupement ont été obtenues à partir du logiciel PCORD.

Détermination de la diversité floristique

La composition floristique a été appréhendée quantitativement à partir de :

- la richesse spécifique : nombre total d'espèces recensées par placeau ;
- la richesse en genre : nombre total de genres identifiés par placeau ;
- la richesse en familles : nombre total de familles identifiées par placeau.

La diversité spécifique a été exprimée par groupement végétal à travers l'indice de diversité de Shannon (H') et l'équitabilité de Pielou (E).

L'indice de diversité de Shannon (H') a pour formule (Shannon, 1948 ; Toko Imorou, 2008) :

$H' = - \sum P_i \ln P_i$; avec $P_i = (n_i / N)$: fréquence relative des individus de l'espèce (i), N : nombre total d'individus observés ; n_i : nombre d'individus observés de l'espèce i , \ln : logarithme Népérien.

Cet indice varie généralement en moyenne de 0 à 5. Les valeurs élevées de H' traduisent les conditions favorables du milieu pour l'installation de nombreuses espèces. Par contre, les valeurs faibles de H' traduisent les conditions défavorables du milieu pour l'installation des espèces.

L'équitabilité de Pielou (E) exprime le mode de répartition des espèces au sein des communautés. Il traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum possible (Pielou, 1966 ; Toko Imorou, 2008). Elle a pour formule :

$E = H' / \ln(S)$; avec H' : Indice de diversité de Shannon (bits) ; S : nombre d'espèces observées ; \ln : logarithme Népérien.

Cette équitabilité varie de 0 à 1. Les valeurs proches de 1 témoignent une régulière distribution des individus entre les espèces. Par contre, les valeurs proches de 0 correspondent à la présence d'un nombre élevé d'espèces rares ou d'un petit nombre d'espèces dominantes (phénomène de dominance).

L'indice de diversité de Margalef (D) tient compte de la taille des échantillons comparés (Magurran, 2004 ; Gamito, 2010) pour indiquer si la richesse spécifique d'un site est élevée ou non. Il a pour formule : $D = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$

Avec : S : Nombre d'espèces ; N : nombre d'individus ; \ln : logarithme Népérien.

L'indice de diversité de Simpson (Magurran, 2004 ; Gamito, 2010) mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)}$$

n_i étant le nombre d'individus de l'espèce i et n , le nombre total d'individus inventoriés dans les placeaux.

Cet indice aura une valeur 0 pour indiquer le maximum de diversité et une valeur 1 pour indiquer le minimum de diversité. Dans le but d'obtenir des valeurs « plus intuitives », on peut préférer l'indice de diversité de Simpson représenté par $1-D$, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0. Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité.

Spectres des types biologiques et types phytogéographiques

Les spectres biologiques ont été déterminés à partir des formes de vie ou types biologiques suivant les définitions de Raunkiaer (1934) qui prennent en compte essentiellement la position des bourgeons et la taille de l'individu. Les spectres phytogéographiques ont été déterminés à partir des types phytogéographiques provenant des subdivisions chorologiques de White (1983).

Détermination des paramètres dendrométriques

La densité est le nombre total d'arbres vivants sur pied ($\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$) ramené à l'hectare (Toko Imorou, 2008). Elle est calculée selon la formule :

$D = N \times 10000/A$; avec : N : nombre total d'individus observés ; A : superficie de l'unité d'échantillonnage ramenée à l'hectare.

La surface terrière ($G, \text{m}^2/\text{ha}$) est la somme des sections des arbres ($\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$) mesurés sur l'écorce à 1,30 m du sol (Glèlè Kakai et Sinsin, 2009). Elle est calculée selon la formule :

$G = \sum C_i^2 \times 10000/4\pi A$; avec : C_i : circonférence de l'arbre i ; A : superficie de l'unité d'échantillonnage ramenée à l'hectare.

La structure en classes de circonférence des arbres de chaque groupement végétal a été réalisée grâce au tableur Excel et ajustée à la distribution de Weibull dans le logiciel Minitab 14 (Glèlè Kakai et Bonou, 2010). La fonction de répartition de la distribution de Weibull est décrite par la formule suivante :

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

Avec : a : Paramètre de position ; b : Paramètre d'échelle ou de taille ; c : Paramètre de forme lié à la structure observée.

RÉSULTATS

Individualisation des groupements végétaux

La matrice brute de 92 relevés et de 214 espèces soumise à la classification hiérarchique a permis de déterminer à 62,5 % de dissemblance six groupements végétaux (Figure 2).

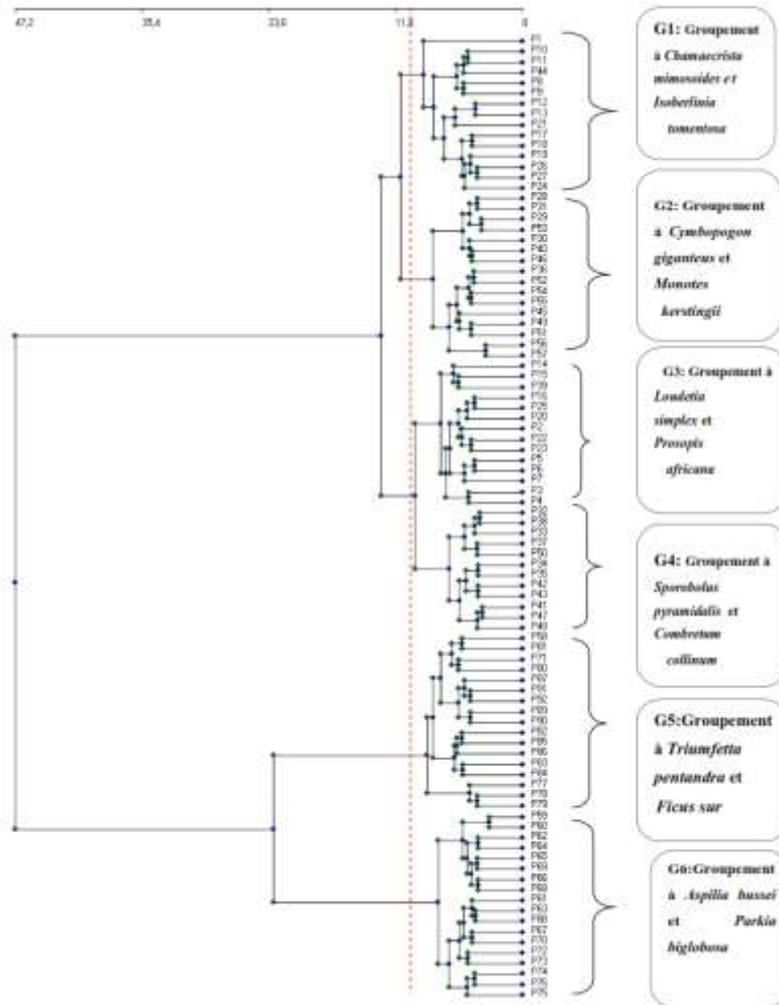


Figure 2. Dendrogramme de la classification hiérarchique des groupements végétaux

L'examen de la Figure 2 permet de distinguer 6 groupements végétaux typiques de la chaîne de l'Atacora :

- le groupement G 1 à *Chamaecrista mimosoides* et *Isoberlinia tomentosa* des savanes saxicoles, établi sur les sommets, sur des sols sablo-graveleux avec empierrement rocheux ;
- le groupement G2 à *Cymbopogon giganteus* et *Monotes kerstingii* des savanes saxicoles, établi sur les versants, sur des sols sablo-graveleux avec empierrement rocheux ;
- le groupement G3 à *Loudetia simplex* et *Prosopis africana* des savanes saxicoles, installé sur les sommets, sur des sols sablo-graveleux avec empierrement rocheux ;

- le groupement G4 à *Sporobolus pyramidalis* et *Combretum collinum* des savanes saxicoles, établi sur les sommets, sur des sols sablo-graveleux avec empierrement rocheux ;
- le groupement G5 à *Triumfetta pentandra* et *Ficus* sur des forêts galeries, établi au bas des versants sur des sols sablo-graveleux ;
- le groupement G6 à *Aspilia bussei* et *Parkia biglobosa* des jachères sur les versants, sur des sols sablo-argileux.

Diversité spécifique des groupements végétaux

Le cortège floristique issu des 92 relevés est de 214 espèces (122 ligneuses et 92 herbacées) réparties en 168 genres et 63 familles. Les genres les plus représentés sont *Indigofera* (5 espèces), *Combretum* (4 espèces), *Crotalaria* (4 espèces) et *Ficus* (4 espèces). Les familles les plus représentées sont les *Leguminosae* (45 espèces), les *Poaceae* (22 espèces), les *Rubiaceae* (15 espèces) et les *Combretaceae* (6 espèces).

Le Tableau 1 présente les paramètres de diversité spécifique des groupements végétaux.

Tableau 1. Paramètres de diversité spécifique

Groupements	Paramètres écologiques											
	Fa	CF	RS		H'		E		IMg		1-D	
			m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
G1	42	117	37,20	5,07	2,64	0,54	0,84	0,09	2,69	1,00	0,81	0,11
G2	38	89	33,25	4,70	3,13	0,38	0,88	0,05	2,96	0,59	0,87	0,05
G3	45	104	34,00	5,33	2,65	0,54	0,89	0,05	2,30	0,70	0,84	0,07
G4	35	73	27,67	3,88	2,66	0,46	0,85	0,07	2,18	0,65	0,82	0,08
G5	50	122	36,18	9,26	2,45	0,65	0,79	0,09	2,28	0,80	0,76	0,13
G6	41	90	26,44	5,53	1,54	0,50	0,89	0,07	1,31	0,51	0,72	0,14

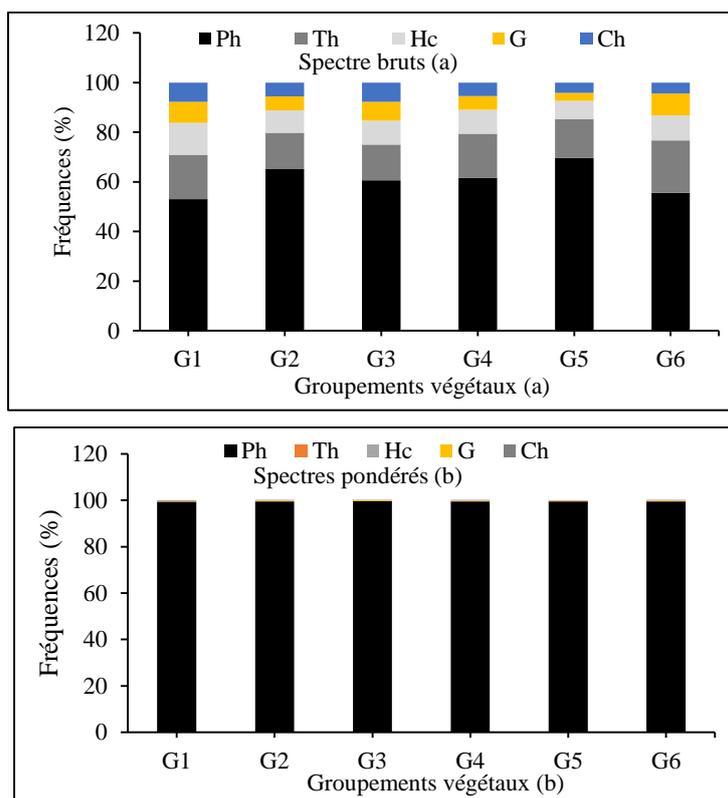
Fa : Famille ; CF : Composition floristique ; RS : Richesse spécifique moyenne par groupement ; H' : Indice de diversité de Shannon ; Indice d'équitabilité de Pielou ; Indice de Margalef ; 1-D : Indice de Simpson ; m : moyenne ; σ : Ecartype

L'examen du Tableau 1 montre que le groupement G6 des jachères présente les plus faibles paramètres de diversité spécifique. Par contre, il est plus diversifié que les groupements G2 et G4 en termes de diversité de familles et de composition floristique. Par ailleurs, les plus fortes valeurs de diversité de familles et de composition floristique sont obtenues dans le groupement G5 des forêts galeries, tandis que la richesse spécifique est plus élevée dans le groupement G1 des savanes saxicoles, établi sur les sommets. Les indices de diversité de Shannon, de Margalef et de Simpson sont plus élevés dans le groupement G2 des savanes saxicoles, établi sur les versants. Enfin, les plus fortes valeurs de l'équitabilité de Pielou sont obtenues dans les groupements

G6 de jachères et G3 des savanes saxicoles, respectivement établi sur les versants et les sommets.

Spectres des types biologiques des groupements végétaux

La Figure 3 présente les spectres de types biologiques des groupements végétaux.



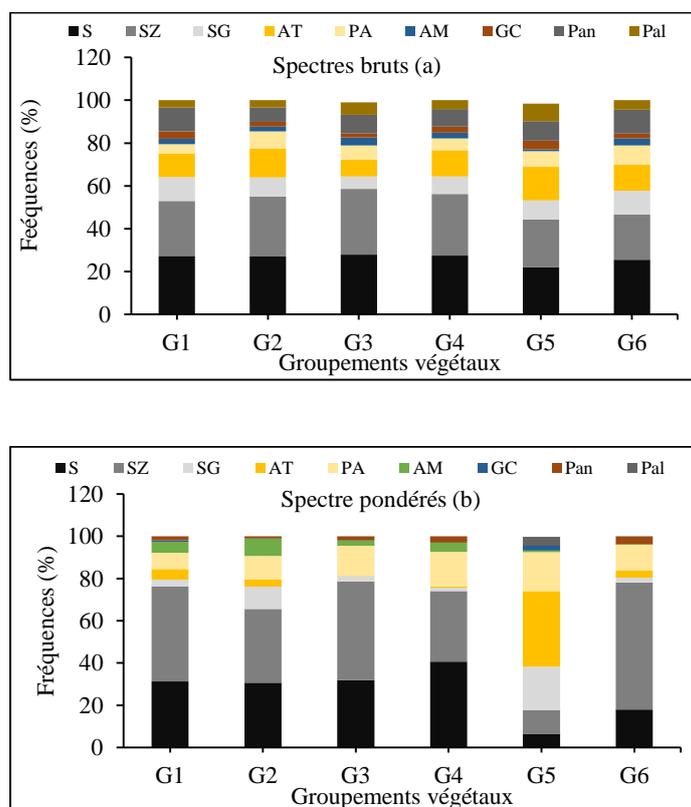
Th : thérophytes ; Ch : chaméphytes ; G : géophytes ; Hc : hémicryptophytes ; Ph : phanérophytes

Figure 3. Synthèses des spectres bruts et pondérés des types biologiques

L'examen des Figures 3a et 3b montre que les phanérophytes sont les formes de vie les plus abondantes et les plus dominantes avec un spectre brut de près de 61 % (figure 3a) et un spectre pondéré de plus de 99 % (figure 3b). Elles sont suivies par les thérophytes (SB : 16,91 %), les hémicryptophytes (SB : 9,41 %), les géophytes (SB : 6,90 %) et les chaméphytes (SB : 5,84 %), qui sont très faiblement représentées.

Spectres des types phytogéographiques des groupements végétaux

La Figure 4 présente les spectres de types phytogéographiques des groupements végétaux.



S : espèces soudaniennes ; Pan : pantropicales ; Pal : paléotropicales ; AA : afro-américaines ; SZ : soudano-zambéziennes ; SG : soudano-guinéennes ; AT : afro-tropicale ; PA : réparties dans plurirégionales africaine ; GC : guinéo-congolaises ; Afro-malgache.

Figure 4. Synthèses des spectres bruts et pondérés des types phytogéographiques

L'examen des figures 4a et 4b montre que les espèces soudano-zambéziennes (SB : 28,16 % ; SP : 38,51 %) suivies des espèces soudaniennes (SB : 27,07 % ; SP : 26,49 %) sont les types phytogéographiques les plus abondants et les plus dominants dans les groupements végétaux de la chaîne de l'Atacora. Les espèces soudano-guinéennes (SB : 7,72 % ; SP : 6,87 %) et guinéo-congolaises (SB : 2,82 % ; SP : 0,50 %) sont faiblement représentées. Globalement, les espèces à distribution continentale sont les plus abondantes (SB : 59,62 %) et les plus dominantes (SP : 70,86 %). Par ailleurs, les espèces à large distribution géographique ont un spectre brut de 14,17 % et un spectre pondéré de 2,70 %.

Paramètres structuraux des groupements végétaux

Le Tableau 2 présente la synthèse des paramètres structuraux des groupements végétaux de la chaîne de l'Atacora.

Tableau 2. Synthèse des paramètres structuraux des groupements végétaux

Groupements	Paramètres dendrométriques					
	D (N/ha)		G (m ² /ha)		Cg (cm)	
	m	σ	m	σ	m	σ
G1	314,81	147,21	10,79	4,44	66,38	12,72
G2	461,11	122,12	12,82	3,04	59,94	8,85
G3	262,39	112,27	9,78	4,78	69,37	13,68
G4	358,33	64,98	8,91	2,11	55,88	5,61
G5	406,54	165,27	27,08	15,89	91,85	27,43
G6	69,14	35,25	6,79	4,94	106,84	39,86

D : Densité ; G : Surface terrière ; Cg : Circonférence moyenne de l'arbre ;
m : moyenne ; σ : Ecartype

L'examen du Tableau 2 montre que la densité moyenne des arbres dans les groupements végétaux varie de 69 ± 35 tiges/ha dans le groupement G6 des jachères à 461 ± 122 tiges/ha dans le groupement G2 des savanes saxicoles, établi sur les versants. La surface terrière moyenne varie de $6,79 \pm 4,94$ m²/ha dans le groupement G6 des jachères à $27,08 \pm 15,89$ m²/ha dans le groupement G5 des forêts galeries. La circonférence de l'arbre moyen au sein des différents groupements est plus élevée dans le groupement des jachères (G6).

La Figure 5 présente la répartition par classes de circonférence des arbres de la chaîne de l'Atacora.

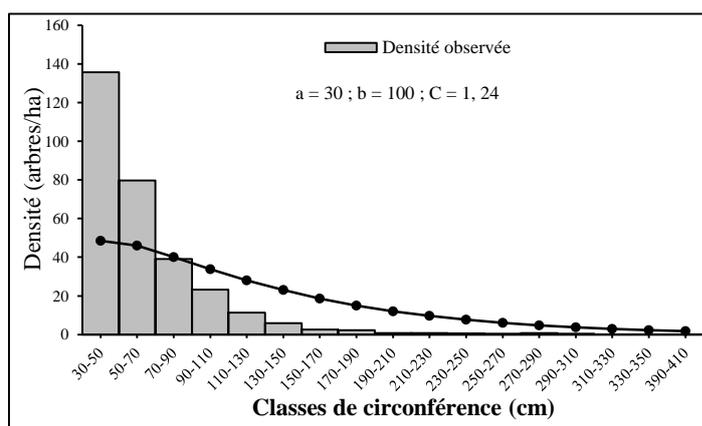


Figure 5. Structure par classes de circonférence des ligneux de la chaîne de l'Atacora

L'examen de la Figure 5 montre que la structure horizontale de la végétation de la chaîne de l'Atacora est dominée par des individus de petites circonférences. Les classes de circonférence comprises entre 30-50 cm et 50-70 cm sont les plus abondantes. Par contre, les gros arbres de circonférences supérieures à 210 cm sont très rares, on les retrouve essentiellement dans les groupements G3, G5 et G6. Les plus gros arbres sont observés dans les groupements G5 (*Ficus sur*, 390 cm et 337 cm de circonférence) et G6 (*Khaya senegalensis*, 323 cm de circonférence).

La structure par classes de circonférence des ligneux de la chaîne de l'Atacora présente une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite avec un paramètre de forme c de la distribution de Weibull de l'ordre de 1,24 ($1 < c < 3,6$), caractéristique des peuplements monospécifiques où prédomine des individus jeunes ou de faibles circonférences.

DISCUSSION

La classification hiérarchique des 92 relevés réalisés sur la chaîne de l'Atacora a permis d'individualiser six groupements végétaux comportant 214 espèces réparties en 168 genres et 63 familles. Les familles les plus représentées sont les *Leguminosae* (21 %), les *Poaceae* (10 %), les *Rubiaceae* (7 %) et les *Combretaceae* (3 %). La prédominance de ces familles n'est pas une particularité de la chaîne de l'Atacora, mais une caractéristique générale de la flore du Bénin. En effet, selon Adomou *et al.* (2011), les six familles les plus riches en espèces au Bénin sont les *Leguminosae* (14,8 %), les *Poaceae* (9,3 %), les *Rubiaceae* (5 %), les *Cyperaceae* (5 %), les *Asteraceae* (4,6 %) et les *Euphorbiaceae* (4,3 %).

La diversité floristique (214 espèces réparties en 168 genres et 63 familles) de la présente étude paraît faible que celle obtenue par Wala (2010) sur la chaîne de l'Atacora qui est de 663 espèces réparties 385 genres et 107 familles. Cette différence est fondamentalement liée à l'échantillonnage (nombre de relevés) et à la dégradation des formations végétales naturelles qui sont progressivement remplacés par des champs.

Les groupements végétaux de la présente étude sont établis dans les savanes saxicoles, les galeries forestières et les jachères réparties sur les sommets, les versants et les bas de versants. Leur individualisation a été faite suivant les facteurs topographiques et édaphiques. Ces résultats sont similaires à ceux de Toko Imorou (2008) qui a conclu que la répartition spatiale des groupements végétaux est sous la dépendance d'une relation complexe entre plusieurs facteurs parmi lesquels, l'épaisseur du sol et la topographie jouent le rôle de facteur limitant. Ces résultats sont identiques aux résultats obtenus par Tente & Sinsin (2002), Wala (2010) et Woegan *et al.* (2013) sur la chaîne de l'Atacora. Cependant, on note l'absence des forêts claires et des forêts denses sèches autrefois identifiées par ces auteurs. La disparition des formations forestières

sur la chaîne de l'Atacora est imputable aux activités anthropiques notamment l'agriculture.

Les groupements G5 des forêts galeries et G1 des savanes saxicoles ont les plus fortes diversités de familles et d'espèces. Ces deux groupements sont établis sur des terres marginales, impropres à l'agriculture et difficilement accessibles, réduisant de fait les pressions anthropiques. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs (Gonzalez, 2001 ; Wezel, 2004 ; Anthelme *et al.*, 2006 ; Toko Imorou, 2008) pour qui, la composition floristique dépend non seulement des facteurs écologiques mais aussi des activités anthropiques.

Par contre, les indices de diversité de Shannon, de Margalef et de Simpson sont plus élevés dans le groupement G2 des savanes saxicoles, établi sur les versants. Ceci traduit une plus grande stabilité de ce groupement végétal. Ces résultats concordent avec ceux de Toko Imorou (2008) pour qui, la faible diversité du milieu est la conséquence de la dégradation de la végétation ou de la forte dominance d'une seule espèce dans le milieu.

Les phanérophytes sont les types biologiques les plus abondants et les plus dominants. Elles sont suivies par les thérophytes et les hémicryptophytes. Ces résultats sont conformes à ceux de Tente & Sinsin (2002), Wala (2010) et Woegan *et al.* (2013) sur la chaîne de l'Atacora. L'abondance des phanérophytes et des thérophytes dans le secteur d'étude est liée à leurs capacités d'adaptation aux rudes conditions du milieu notamment la topographie (fortes pentes) et les types de sols (graveleux avec empierrement rocheux). Par ailleurs, la présence des thérophytes et la faible représentativité des hémicryptophytes dans les différents groupements sont le signe évident de perturbations des formations naturelles (Sinsin et Oumorou, 2000 ; Gbesso *et al.*, 2013 ; Melom *et al.*, 2015 ; Arouna *et al.*, 2016).

Sur la chaîne de l'Atacora, les espèces l'élément base soudanien représentent 27 % des types phytogéographiques tandis que les espèces à distribution continentale et à large distribution géographique représentent respectivement 60 % et 14 % des types phytogéographiques. Les espèces soudano-zambéziennes suivies des espèces de l'élément base soudanien sont les plus abondantes et les plus dominantes. La prépondérance des espèces soudano-zambéziennes sur la chaîne de l'Atacora avait été déjà prouvée par Woegan *et al.* (2013) et Wala (2010). Cette prédominance des espèces soudano-zambéziennes sur les espèces soudaniennes est assimilée aux conditions écologiques stationnelles et aux activités anthropiques. Par ailleurs, 09 espèces guinéo-congolaises et 20 espèces soudano-guinéennes ont été inventoriées sur la chaîne de l'Atacora. Ce résultat montre que la chaîne de l'Atacora abrite des écosystèmes particuliers de milieu humide nonobstant sa localisation dans la région soudanienne.

La densité et la surface terrière des arbres ont considérablement diminué par rapport aux années précédentes du fait de la dégradation de la végétation. Les

ligneux ont en majorité de petites circonférences car la structure par classes de circonférence présente un paramètre de forme c de la distribution de Weibull de l'ordre de 1,24 indiquant une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance des individus jeunes ou de faibles circonférences. Ces petits arbres s'ils ne sont pas détruits, constituent un espoir pour la reconstitution de la végétation (Arouna *et al.*, 2016).

CONCLUSION

Les six groupements végétaux identifiés ont été individualisés suivant les facteurs topographiques et édaphiques. Les groupements végétaux établis sur des terres marginales, impropres à l'agriculture et difficilement accessibles, réduisant de fait les pressions anthropiques ont les plus fortes diversités de familles et d'espèces. Les formations végétales de la chaîne de l'Atacora dans la région soudanienne connaissent de profondes mutations dues aux activités anthropiques qui dégradent, fragilisent et menacent l'intégrité de la flore. Ces mutations ont touché la diversité et la structure des formations végétales. La richesse spécifique a baissé considérablement. Cette situation nécessite une attention particulière de la part des chercheurs, des décideurs, des conservateurs et des populations locales. L'utilisation de ses ressources doit se faire dans un cadre d'aménagement durable qui prenne en compte l'intégrité des écosystèmes de la chaîne de l'Atacora, les régimes de perturbation et les besoins des communautés locales en vue d'une gestion durable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHARD F., EVA H. D., STIBIG H. J., MAYAUX P., GALLEGO J., RICHARDS T. & MALINGREAU J.-P., 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297 : 999-1002.
- ADOMOU A. C., SINSIN B. & VAN DER MAESEN L. J. G., 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a meso-scale study in Benin. *Syst. Geogr. pl.*, 76: 155-178.
- ADOMOU A. C., AGBANI O. P. & SINSIN B., 2011. Plantes, p. 21-46, In: *Neuenschwander, P.; Sinsin, B. and Goergen, G. (Editors) 2011. Protection de la nature en Afrique de l'Ouest: Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 365 p.
- AGBANOU Th., PAEGELOW M., TOKO IMOROU I. & TENTE B., 2018. Modélisation des changements d'occupation des terres en région soudanienne au Nord-Ouest du Bénin. *European Scientific Journal*, 14(12): 248 – 266.
- AGBANOU B. Th., 2018. Dynamique de l'occupation du sol dans le secteur Natitingou-Boukombé (Nord-Ouest Bénin) : de l'analyse Diachronique a une modélisation prospective. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi avec cotutelle internationale, Bénin, 270 p.
- AHOUANDJINOU S. T. B., YEDOMONHAN H., TOSSOU M. G., ADOMOU A. C. & AKOEGNINOU A., 2017. Diversité floristique et caractérisation structurale de la réserve forestière de Ouoghi en zone soudano-guinéenne (Centre-Bénin). *European Scientific Journal*, 13(12): 400-423
- AKOÈGNINOU A., VAN DER BURG W. J. & VAN DER MAESEN L. J. G., 2006. Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Wageningen, 1034 p.
- AKPAGANA K., 1989. Recherches sur les forêts denses humides du Togo. Thèse d'État, Bordeaux III, 181 p.

- ANTHELME F., WAZIRI MATO M., DE BOISSIEU D. & GIAZZI F., 2006. Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Air (Sahara, Niger). *VertigO*, 7(2), 23 p.
- ARBONNIER M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD et MNHN, Paris, France, 574 p.
- AROUNA O., 2012. Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 246 p.
- AROUNA O., ETENE C. G. & ISSIAKO D., 2016. Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin. *J. Appl. Biosci.*, 108: 10543-10552.
- ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar). 2018. Données climatiques de la station météorologique de Kandi, Bénin.
- BRAUN-BLANQUET J., 1932. Plant sociology: The study of plant communities (Fac simile of the edition of 1932). Translated by Fuller G. D. and Conard H. S. New-York: Heffner Publishing Company, 439 p.
- DUFRENE M. & LEGENDRE P., 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical. *Approch. Ecol. Monogr.*, 67(3): 345-366.
- FAO, 1999. Soil fertility and African food security. By Kelly, V., World Soil Resources Report No. 85, Rome Italy, 94 p.
- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport principal, FAO, Rome, Italie, 377 p.
- FAURE P., 1977. Notice explicative, carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin, feuille de Natitingou (6). Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), Paris, 68 p.
- GAMITO S., 2010. Caution is needed when applying Margalef diversity index. *Ecological Indicators*, 10: 550-551.
- GBESSO G. H. F., LOUGBEGNON T. O., TENTE A. H. B., MENSAH H. A. G. & SINSIN A. B., 2013. Caractérisations phytoécologique et structurale des groupements végétaux abritant *Chrysophyllum albidum* (G. Don) sur le plateau d'Allada au Sud-Benin. *Afrique Science*, 09(3) : 147-158.
- GLELE KAKAI R. & BONOU W., 2010. Modélisation et interprétation des structures en diamètre et en hauteur des peuplements forestiers. *Note de recherche*, FSA/UAC, Abomey-Calavi, 21 p.
- GLELE KAKAI R. & SINSIN B., 2009. Structural description of two *Isoberlinia* dominated vegetation types in the Wari-Marou Forest Reserve (Benin). *South Africa Journal of Botany*, 75: 43-51.
- GONZALEZ P., 2001. Desertification and a shift of forest species in the West African Sahel. *Climate research*, 17: 217-228.
- HAHN-HADJALI K., BRAUN-YAO M., FRANKE-SCHARF I. & FRITSCHER N., 2000. Interdépendance du potentiel d'exploitation et la structure d'habitat dans la région de l'Atakora. *Ber. Sonderforschungsbereichs*, 268 (14): 197-207.
- HALL J.B. & SWAINE M.D., 1976. Classification and ecology of closed-canopy forest in Ghana. *J. Ecol.*, 64 : 913- 951.
- HOUSSOU C., 1998. Les bioclimats humains de l'Atacora (Nord-ouest du Bénin) et Leurs implications socio-économiques. Thèse d'Etat, Dijon, France, 332 p.
- ISSIFOU MOUMOUNI Y., OUSSENI A. & ZAKARI S., 2017. Diversité floristique et structure des formations végétales dans le district Phytogéographique du Borgou-nord au Benin (secteur de l'arrondissement de bagou). *Note scientifiques : hommes et sociétés*, 7 : 63-80.
- KAKAI GLELE R. & SINSIN B., 2009. Structural description of two *Isoberlinia* dominated vegetation types in the Wari-Marou Forest Reserve (Benin). *South Africa Journal of Botany*, 75: 43-51.
- MAGURRAN E. A., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, 261 p.

- MELOM S., MBAYNGONE E., BECHIR A.B., RATNAN N. & MAPONGMETSEM P. M., (2015). Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Massenya au Tchad (Afrique centrale). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1): 3799-3813.
- MYERS N., MITTERMEIER R. A., MITTERMEIER C. G., DA FONSECA G. A. B. & KENT J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- PIELOU E. C., 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.*, 10 : 370-383.
- RAUNKIAER C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. London : Clarendon Press, 632 p.
- SHANNON C. E., 1948. A mathematical theory of communications. *Bell Syst. Techn. J.*, (27): 623-656.
- SIEGLSTETTER R. & WITTIG R., 2002. L'utilisation des ligneux sauvages et son effet sur la végétation dans la région d'Atakora (Bénin nord-occidental). *Études Flor. Vég. Burkina Faso*, 7 : 23-30.
- SINSIN B. & OUMOROU M., 2000. Etude de la diversité spécifique du groupement à *Cochlospermum tinctorium* A. Rich. Des savanes arbustives du nord-Bénin. *Acta Bot. Gallica*, 147 (4) :345-360.
- TENTE B. & SINSIN B., 2002. Diversité et structure des formations arborescentes du secteur Perma – Toucountouna dans la chaîne de l'Atakora (Bénin). *Etude flor. vég. Burkina Faso*, 6 : 31-42.
- TENTE B.A., 2005. Recherche sur les facteurs de la diversité floristique des versants du massif de l'Atakora : secteur Perma- Toucountouna (Bénin). Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 252 p.
- TOKO IMOROU I., 2008. Etude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de la phénologie et de la structure de la végétation le long des toposéquences du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 241 p.
- WALA K., 2004. La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin : diversité floristique, phytosociologie et impact humain. Thèse de doctorat, Université de Lomé, 140 p.
- 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.
- WEZEL A., 2004. Local knowledge of vegetation changes in Sahelian Africa - implications for local resource management. In *The Sahel Current politics in West Africa- The use of local knowledge in applied research-Participation in project planning and capacity building, Serein occasional paper 17*, Lykke A.M., Due M.K., Kristensen M. and, Nielsen I. (eds.), p. 37-51.
- WHITE F., 1983. The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the NESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. UNESCO, Paris, France, 356
- WUEGAN 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. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(5): 1951-1962.