

## Diversité floristique et structure des formations végétales de la Forêt Classée de Pénésoulou (Bénin, Afrique de l'Ouest)

### [ Floristic diversity and structure of plant communities of the Pénésoulou Forest Reserve (Benin, West-Africa) ]

Léonce O. S. N. Dossa<sup>1</sup>, Aristide Cossi Adomou<sup>1</sup>, Gbèwonmèdéa Hospice Dassou<sup>1</sup>, and Gbènakpon Aubin Y. G. Amagnide<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Benin

<sup>2</sup>Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières, Faculté des Sciences Agronomiques, Benin

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The study assessed the floristic diversity and analysed the structure of plant groups in the Pénésoulou Forest Reserve (PFR). For this purpose, 234 plots of 50 m × 20 m each were installed in delimited floristically homogenous stands. An individualization of the different plant groups of the PFR was carried out using non-metric multidimensional scaling. Alpha diversity indices were used to evaluate the floristic diversity of the plant communities. Dendrometric parameters and size class structures of diameter and height were performed to understand the conservation status of the identified plant communities. Four plant communities was identified: G1 corresponded to woodlands and savannah woodlands with *Vitellaria paradoxa* and *Uapaca togoensis* as characteristic species, and including 81 woody species; G2 corresponded to forest gallery, dominated by *Anogeissus leiocarpa* and *Cola gigantea* and including 100 woody species; G3 corresponding to tree and shrub savannahs with *Vitellaria paradoxa* and *Parinari curatellifolia* as characteristic species, and including 64 woody species; and G4 corresponded to *Anogeissus leiocarpa* - *Lonchocarpus sericeus* dry forest that included 75 woody species. The dendrometric parameters varied significantly from a plant group to another (P-value < 0.05). The distribution of tree diameters was in an inverted «J» shape, characteristic of multi-species stands. As for the structures in height, they reflected a rarity of higher individuals (>20 m). The results showed an acceptable state of conservation and a good natural regeneration capacity of the forest, which must be improved through the implementation of a forest management plan.

**KEYWORDS:** Plant community, flora, dendrometry, protected area, Benin.

**RESUME:** L'étude a évalué la diversité floristique et analysé la structure des formations végétales de la Forêt Classée de Pénésoulou (FCP). Pour ce faire, 234 placeaux de 50 m × 20 m ont été installés. Une individualisation des différents groupements végétaux a été faite en utilisant le positionnement multidimensionnel. Les indices de diversité alpha ont été estimés pour évaluer la diversité floristique des groupements végétaux. La détermination des paramètres dendrométriques et l'établissement des structures en diamètre et en hauteur ont permis de caractériser la structure des différents groupements végétaux. Les résultats obtenus ont montré que la FCP comporte quatre groupements végétaux (G): G1 correspond au complexe forêt claire-savane boisée à *Vitellaria paradoxa* et *Uapaca togoensis* avec 81 espèces ligneuses; G2 correspond à la galerie forestière à *Anogeissus leiocarpa* et *Cola gigantea* avec 100 espèces ligneuses; G3 correspond au complexe savane arborée-savane arbustive à *Vitellaria paradoxa* et *Parinari curatellifolia* avec 64 espèces ligneuses et enfin G4 correspond à la forêt dense sèche à *Anogeissus leiocarpa* et *Lonchocarpus sericeus* avec 75 espèces ligneuses. Les paramètres dendrométriques ont varié significativement d'un groupement végétal à un autre (Prob. < 0,05). Les structures diamétriques du peuplement ligneux sont en «J renversé», caractéristique des peuplements naturels multispécifiques. Quant aux structures en hauteur, elles traduisent une rareté des individus de grandes hauteurs (>20 m). Les résultats obtenus montrent un état acceptable de conservation et un bon pouvoir régénératif de la forêt qui doivent être améliorés à travers la mise en œuvre d'un plan d'aménagement de ladite forêt.

**MOTS-CLEFS:** Groupement végétal, flore, dendrométrie, domaine protégé, Bénin.

## **1 INTRODUCTION**

A l'échelle planétaire, les écosystèmes forestiers sont extrêmement précieux pour l'humanité toute entière car ils jouent un rôle essentiel grâce aux nombreux services écosystémiques qu'ils procurent tels que la production de bois et des produits forestiers non ligneux, la conservation de la biodiversité, le stockage de carbone, l'atténuation des effets des changements climatiques, la protection des eaux et des sols, les services culturels et cultuels ([1], [2]). La diversité biologique des forêts et la variabilité des écosystèmes forestiers sont donc à la base des biens et services, et constituent ainsi le fondement de la bonne santé et de la stabilité des forêts à long terme.

Malheureusement de nos jours, les écosystèmes forestiers du monde font l'objet de dégradation importante. Cette dégradation des écosystèmes forestiers, représente une des plus importantes causes de réduction de la biodiversité dans le monde ([1], [3]). Selon [4], 80% de la couverture forestière mondiale originelle a été abattue ou dégradée, essentiellement au cours des 30 dernières années. Les pays en voie de développement enregistrent les plus importants taux de réduction des surfaces forestières. L'Afrique est l'un des continents les plus durablement touchés par la perte de la couverture forestière avec une contribution de 49,33% à la réduction du couvert forestier mondial entre 1990 et 2000 [5]. Cette perte est plus perceptible en Afrique de l'Ouest en particulier où la régression annuelle du couvert forestier est depuis 1990, estimée à 1,17% [5]. Au Bénin, la perte moyenne annuelle des forêts est de 50.000 ha entre 2000 et 2010 [2], ce qui représente l'un des plus forts taux de la région (31% selon [4]). Cette situation est le résultat de l'agriculture itinérante sur brûlis, du pâturage extensif et des feux de végétation [6]. A ces facteurs, il convient d'ajouter l'exploitation forestière abusive aussi bien pour l'extraction du bois d'œuvre que du bois de feu.

Aux pertes de superficies correspondent des pertes proportionnelles en espèces. De ce fait, l'on assiste à un phénomène de disparition et de raréfaction d'un nombre important d'espèces végétales et animales abritées par ces écosystèmes. Face à cette menace que subit la biodiversité, l'Etat béninois a retroussé les manches pour la gestion de certaines forêts classées, parcs nationaux et réserves forestières, aux fins de mieux y conserver la flore et la faune. Malheureusement, certaines aires protégées ont déjà fait l'objet d'une exploitation forestière frauduleuse et ont également servi au développement des activités agricoles. C'est le cas de la Forêt Classée de Pénésoulou (FCP) qui a subi dans un passé récent une exploitation forestière ayant conduit à une dégradation de certaines de ses formations avant sa délégation de gestion à l'Office National du Bois.

La FCP est un écosystème rare puisqu'elle regroupe des formations végétales écologiquement différentes, allant de la forêt dense sèche aux savanes. Selon [7], cet écosystème est doté d'une richesse faunistique et floristique très élevée. La FCP abrite un total de 450 espèces végétales dont 30 de valeur pour la conservation avec une communauté typique de plantes qui lui est inféodée [8]. Cette réserve forestière présente donc un intérêt considérable en matière de biodiversité, et nécessite d'être conservée. Malheureusement, la menace de disparition sur certaines espèces végétales et animales est encore pesante aujourd'hui. La dernière révision du plan d'aménagement de la FCP [9] note une disparition des espèces de singe telles que *Colobus polykomos* Zim. et *Procolobus verus* Van. & Ben. dans cet écosystème et de nombreuses autres espèces végétales menacées dont *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg et *Khaya grandifoliola* C. DC.

La conservation de cette forêt nécessite qu'elle étudie de façon approfondie et aménagée en conséquence. Ceci passe par une bonne connaissance de la biodiversité de ses formations végétales, de leur structure y compris de la distribution des espèces qui s'y retrouvent. Dans ce sens, peu d'études spécifiques sont disponibles sur la forêt de Pénésoulou, ce qui justifie l'intérêt du présent travail. Les principales questions qui se posent sont les suivantes: Quel est l'état de la biodiversité dans les formations végétales de la FCP ? Qu'est-ce qui différencie, du point de vue structural ses formations végétales ? Comment les espèces sont-elles distribuées au sein de ses formations ? C'est pour répondre à ces questions que l'étude a pour objectifs spécifiques de (i) individualiser les différents types de végétation de la FCP, (ii) évaluer la diversité floristique des groupements végétaux de la FCP et (iii) caractériser la structure des formations végétales identifiées dans la FCP en vue de sa conservation.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 MILIEU D'ÉTUDE**

L'étude s'est déroulée dans la Forêt Classée de Pénésoulou (FCP) qui appartient à la zone soudano-guinéenne (Centre du Bénin) (Figure 1); elle est localisée entre 9°14' et 9°18' de latitude Nord et 1°30' et 1°35' de longitude Est avec une superficie de 5.717 ha. Le climat est de type tropical humide de transition. La pluviosité totale annuelle varie de 1165 à 1300 mm et la température moyenne mensuelle est de 27°C [10]. Le relief est dominé par des plateaux avec une altitude variant entre 200 et 250 m dans le Sud et 300 et 350 m dans le Nord. Les sols sont de types ferrallitiques et ferrugineux tropicaux lessivés avec concrétions. La végétation naturelle est caractérisée par une mosaïque de savanes et de forêts claires parsemée de forêt galerie, de forêt dense sèche et de forêt dense semi-décidue [11]. La FCP fait partie intégrante du district phytogéographique de Bassila [12].

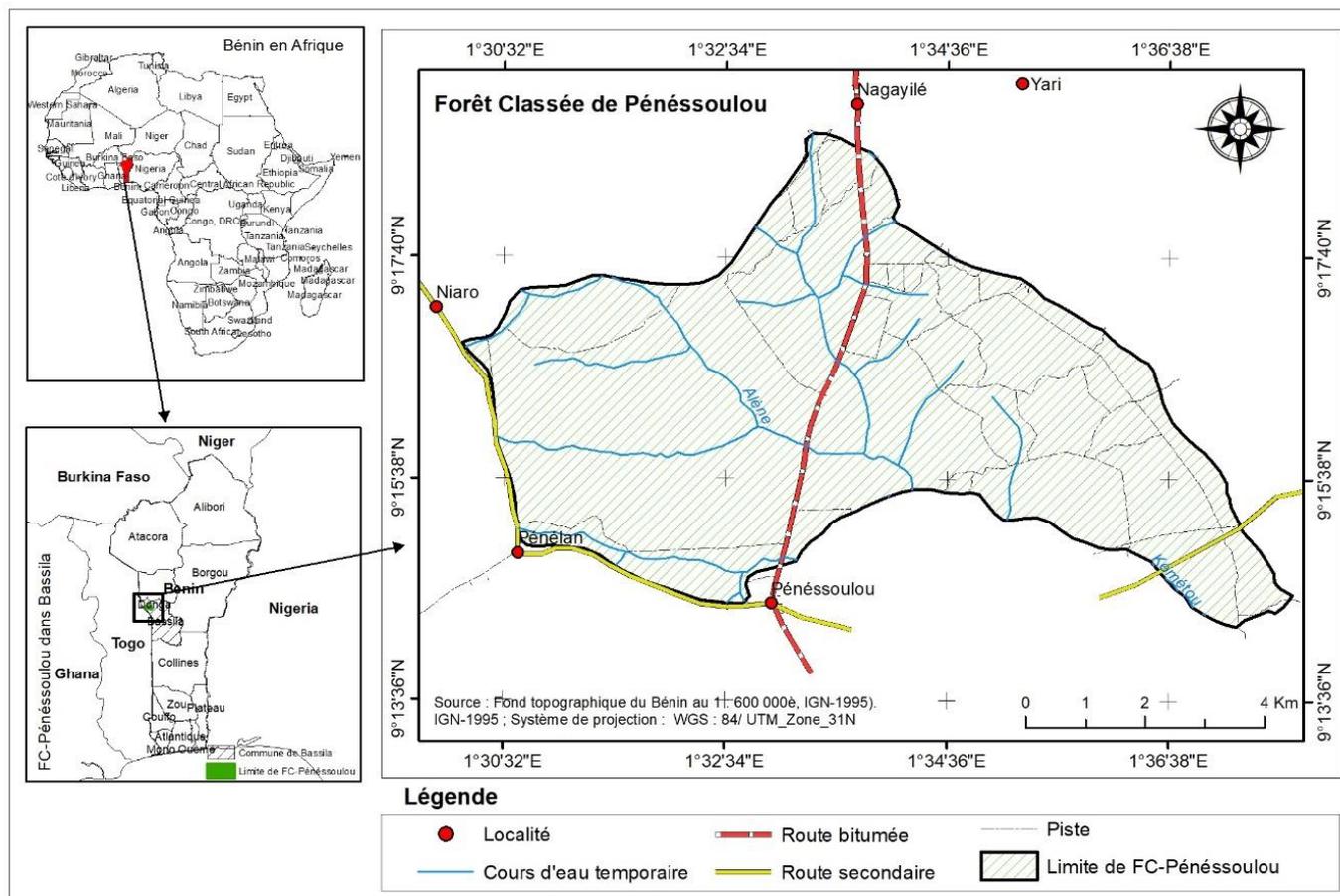


Fig. 1. Situation géographique de la Forêt Classée de Pénèssoulou

## 2.2 ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DE DONNÉES

Un échantillonnage à deux niveaux a été utilisé dans le cadre de cette étude. Les unités du premier niveau sont des placeaux rectangulaires de 50 m × 20 m et les unités du deuxième niveau sont cinq quadrats de 2 m × 2 m établis au centre et aux quatre sommets de chaque placeau de 1000 m<sup>2</sup>. Au total, 234 placeaux de 1000 m<sup>2</sup> ont été installés dans la forêt suivant un maillage (500 m × 500 m) de la carte de la forêt préalablement effectué au laboratoire de manière à couvrir l'ensemble des formations végétales de la FCP. Les placeaux ont été installés au centre de chaque maille.

Dans les placeaux de 1000 m<sup>2</sup>, des relevés phytosociologiques ont été préalablement effectués suivant l'échelle de [13]. Les espèces collectées ont été identifiées sur le terrain et vérifiées à l'Herbier National du Bénin. Des inventaires forestiers ont été ensuite effectués et tous les arbres de diamètre à 1,30 m du sol (dbh) supérieur ou égal à 10 cm ont été dénombrés puis leurs diamètre, hauteur fût et hauteur totale mesurés respectivement à l'aide du ruban pi et du clinomètre. Les régénérations (individus de dbh inférieur à 10 cm) ont été dénombrées dans 1170 quadrats (5 quadrats par placeau × 234 placeaux) en tenant compte de leurs stades de développement (plantules: individus de hauteur ≤ 2 m, juvéniles: individus de hauteur ≥ 2 m et de dbh < 7 cm et jeunes arbres: individus de hauteur ≥ 2 m et 7 cm ≤ dbh < 10 cm). Les individus non identifiés sur le terrain ont été herborisés et ramenés à l'Herbier National pour identification.

## 2.3 TRAITEMENT ET ANALYSE STATISTIQUES DES DONNÉES

### 2.3.1 INDIVIDUALISATION DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

A partir des données des relevés phytosociologiques, la matrice d'abondance des espèces végétales (ligneuses et herbacées) recensées dans les 234 placeaux a été établie. Cette matrice a été soumise au positionnement multidimensionnel non-métrique (Non-Metric Multidimensional Scaling ou NMDS) en utilisant la distance de Bray et Curtis [14] et la fonction "nmds" à partir des bibliothèques (packages en anglais) *vegan* [15] et *labdsv* [16]. Le NMDS est en effet, une méthode d'ordination d'analyse indirecte de gradient écologique et permet de mettre en exergue les sites similaires de par leur composition floristique [17]. Des ellipses de confiance à 95 % de niveau de confiance ont été construites autour des relevés phytosociologiques en tenant compte de la

stratification a priori de la végétation. La matrice d'abondance a été préférée du fait de son efficacité relative prouvée à l'échelle d'une forêt.

Pour identifier les principales espèces caractéristiques de chaque groupement végétal, l'indice de valeur d'importance (*IVI*) de chaque espèce [18] a été calculé par groupement végétal. Ainsi, pour une espèce  $\alpha$ , l'*IVI* est donné par:

$$IVI_{\alpha} = RD_{\alpha} + RF_{\alpha} + RC_{\alpha} \quad (1)$$

Où

$$RD_{\alpha} = n_{\alpha} / \sum_{i=1}^k n_{\alpha} \quad (2)$$

est la densité relative de l'espèce  $\alpha$ ;

$$RF_{\alpha} = f_{\alpha} / \sum_{\alpha=1}^k f_{\alpha}; f_{\alpha} = j_{\alpha} / k \quad (3)$$

est la fréquence relative de l'espèce  $\alpha$ ;  $j_{\alpha}$  est le nombre de placeaux dans lequel l'espèce a été observée et  $k$  le nombre total de placeaux;

$$RC_{\alpha} = C_{\alpha} / \sum_{\alpha=1}^n C_{\alpha}; C_{\alpha} = a_{\alpha} N_{\alpha} / n_{\alpha} \quad (4)$$

est la dominance relative de l'espèce  $\alpha$ ;  $a_{\alpha}$  est la surface terrière de l'espèce  $\alpha$ ;  $N_{\alpha}$  est la densité de l'espèce  $\alpha$  et  $n_{\alpha}$  est le nombre total d'individus échantillonnés pour l'espèce  $\alpha$ .

L'*IVI* varie de 0 à 3 et traduit le pourcentage d'importance. Il donne une estimation globale du niveau d'importance écologique d'une espèce végétale dans une communauté végétale [18]. Plus la valeur de l'*IVI* d'une espèce est élevée, plus cette espèce est écologiquement importante. Le diagramme en barre des valeurs de l'*IVI* a été établi pour les cinq espèces les plus écologiquement importantes ( $IVI > 10$ ) par groupement végétal.

Par ailleurs, la similarité floristique des différents groupements végétaux a été examinée au moyen de l'indice de similarité de Sokal et Sneath [19].

### 2.3.2 DIVERSITÉ FLORISTIQUE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Pour chaque groupement végétal, la richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon et l'équitabilité de Piélou [20] ont été calculés et comparés.

- *Richesse spécifique* ( $S$  en espèces): elle représente le nombre total d'espèces présentes dans un milieu donné.
- *Indice de diversité de Shannon* ( $H$  en bits), défini par la formule suivante:

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \text{Log}_2 \frac{n_i}{n} \quad (5)$$

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce  $i$  et  $n$  = nombre total d'individus inventoriés dans les placeaux.

Cet indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces.

- *Équitabilité de Piélou* ( $Eq$ ): elle est une mesure de la stabilité du peuplement et équivaut au rapport de  $H$  à l'indice maximal théorique dans le peuplement ( $H_{max}$ ):

$$Eq = \frac{H}{H_{max}} \quad \text{avec} \quad H_{max} = \text{Log}_2 S \quad (6)$$

Elle varie de 0 à 1; elle est maximale quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et minimal quand une seule espèce ou un petit groupe d'espèces domine tout le peuplement.

### 2.3.3 CARACTÉRISTIQUES DENDROMÉTRIQUES DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les caractéristiques dendrométriques (Tableau 1) que sont la densité d'arbres, le diamètre moyen des arbres, la surface terrière, la hauteur totale (hauteur moyenne de Lorey) et la hauteur fût ([21], [22]) ont été calculés par groupement végétal. Ces paramètres ont été soumis à des analyses de variance (ANOVA: [23]) à un facteur fixe (groupement végétal) ou à défaut des tests de Kruskal-Wallis (lorsque les conditions d'application de l'ANOVA: normalité des populations et égalité des variances-populations ne sont pas satisfaites) pour tester si les différences entre groupements végétaux sont significatives. De plus, la contribution en surface terrière a été aussi calculée pour les deux principales espèces caractéristiques des groupements végétaux et a fait l'objet de comparaison entre ces derniers par des ANOVA à un facteur fixe (groupement végétal). Par ailleurs, l'indice de green a été déterminé pour apprécier l'arrangement spatial des arbres par groupement végétal. En ce qui concerne la régénération, elle a été analysée en déterminant la densité de régénération par stade de développement (plantules, juvéniles et jeunes arbres), par groupement et de façon globale.

### 2.3.4 ETABLISSEMENT DES STRUCTURES EN DIAMÈTRE ET EN HAUTEUR DES ARBRES DANS LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les structures en diamètre sont révélatrices des événements liés à la vie des peuplements [21]. En effet, l'étude du regroupement des tiges par catégories de grosseur constitue un bon instrument d'appréciation de la dynamique des populations des essences ligneuses [24]. Ainsi, pour chacun des groupements végétaux, les structures en diamètre ont été établies. La distribution à trois paramètres  $a$  (paramètre de seuil),  $b$  (paramètre d'échelle) et  $c$  (paramètre de forme) de Weibull [25] a été ajustée aux structures observées. Des analyses log-linéaire ont été réalisées pour tester l'adéquation globale entre les distributions observées et celle théorique. Il a été alors possible à partir de ces paramètres de tirer des conclusions sur l'état de conservation des groupements végétaux. Par ailleurs, les structures en hauteur des arbres ont été établies pour chacun des groupements végétaux, puis ajustées à la distribution théorique à trois paramètres de Weibull.

Les analyses statistiques ont été réalisées dans le logiciel R version 3.5.3 [26] et le niveau de signification statistique a été fixé à 5 %. Les structures en diamètre ont été établies dans le logiciel Minitab version 14 [27].

Tableau 1. Caractéristiques dendrométriques utilisées

Paramètres dendrométriques	Formules	Descriptions
Densité du peuplement ( $N$ en arbres/ha)	$N = \frac{n}{s}$	$n$ : nombre total d'arbres par plateau $s$ : surface d'un plateau en ha
Diamètre moyen ( $D_g$ en cm)	$D_g = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$	$n$ : nombre d'arbres du plateau $d_i$ : diamètre (cm) de l'arbre $i$
Surface terrière ( $G$ en m <sup>2</sup> /ha)	$G = \frac{0,0001}{4s} \pi \sum_{i=1}^n d_i^2$	$d_i$ : diamètre en centimètre (cm) de l'arbre $i$ du plateau et $s$ : surface du plateau en ha
Hauteur moyenne de Lorey ( $H_L$ en m)	$H_L = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad \text{avec} \quad g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$	$g_i$ : surface terrière de l'individu $i$ $h_i$ : hauteur totale de l'individu $i$
Contribution en surface terrière ( $C_s$ en %)	$C_s = 100 \frac{G_{pi}}{G}$	$G_{pi}$ : surface terrière des individus de l'espèce $i$ et $G$ : surface terrière de l'ensemble des individus du plateau
Densité de régénération ( $N_r$ en plants/ha)	$N_r = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 dr_i \quad \text{avec} \quad dr_i = \frac{n_i}{sq}$	$dr_i$ : densité de régénération dans le quadrat $i$ , $n_i$ : nombre de régénération et $sq$ : surface du quadrat en ha

Les hauteurs fût et totale ont été adaptées de la formule de la hauteur moyenne de Lorey.

Source: [28]

## 3 RESULTATS

### 3.1 TYPOLOGIE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX ET COMPOSITION FLORISTIQUE

La valeur de "stress" du positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS), indice révélant la qualité de l'ordination, est de 0,196 (< 0,20) indiquant la fiabilité de l'ordination. Les résultats obtenus montrent une relative discrimination des plateaux au regard des formations végétales et de la stratification a priori de la végétation de la forêt (Figure 2). Le premier axe discrimine les

placeaux des peuplements fermés (G4 et G2: placeaux respectivement installés en forêt dense et en forêt galerie) des placeaux des peuplements ouverts (G3 et G1: placeaux respectivement installés en savanes arborée et arbustive et en forêt claire et savane boisée), suggérant un gradient de complexité structurale. Le deuxième axe oppose les placeaux de forêt dense et de savane arborée et arbustive aux placeaux de forêt galerie et de forêt claire et savane boisée, les premiers présentant les plus faibles richesses spécifiques globales (64 et 75 respectivement pour les groupements G3 et G4 contre 81 et 100 respectivement pour les groupements G1 et G2). Cette tendance est confirmée par la richesse spécifique moyenne par placeau ( $12,91 \pm 26,55$  et  $11,14 \pm 26,19$  respectivement pour les groupements G3 et G4 contre  $14,55 \pm 20,23$  et  $12,45 \pm 30,71$  respectivement pour les groupements G1 et G2) (Tableau 2), indiquant ainsi un gradient inverse de diversité spécifique.

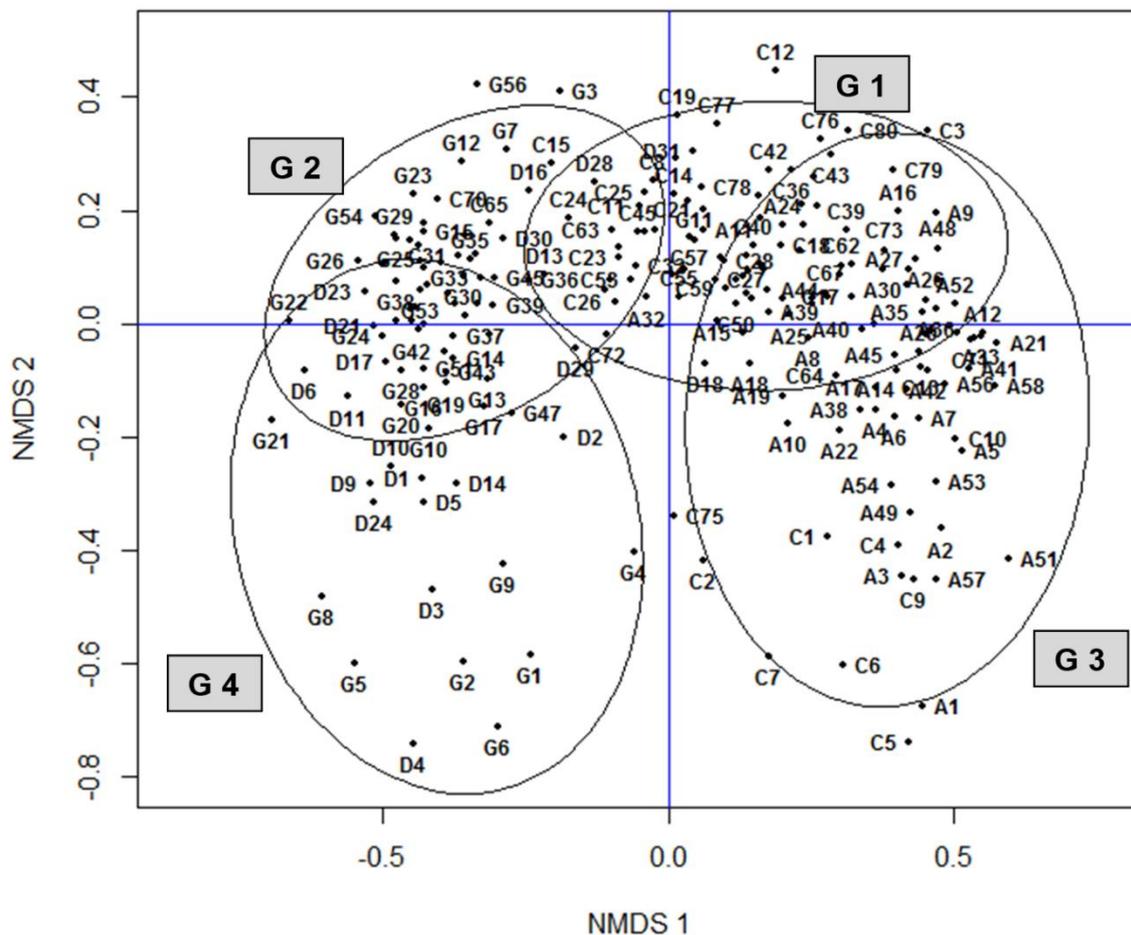


Fig. 2. Diagramme d'ordination du positionnement multidimensionnel non métrique des 234 relevés phytosociologiques effectués dans la forêt classée de Pénésoulou

Légende: G (relevé effectué en forêt galerie), D (relevé effectué en forêt dense), C (relevé effectué en forêt claire et savane boisée) et A (relevé effectué en savane arborée et arbustive).

Les plus grands chevauchements des ellipses de confiance sont observés entre les groupements G4 et G2 d'une part et les groupements G3 et G1 d'autre part, indiquant une similarité entre la composition floristique de ces groupements. L'absence de chevauchement entre les groupements G3 et G4 et le faible chevauchement des ellipses de confiance observé entre les groupements G1 et G2 révèlent une relative dissimilarité dans la composition floristique de ces groupements. Ces résultats sont confirmés par l'indice de similarité de Sokal et Sneath, indiquant une similarité relativement forte de la composition floristique des groupements G4 et G2 (0,30; 55 espèces en commun) et des groupements G3 et G1 (0,42; 54 espèces en commun); la plus faible similarité étant observée entre les groupements G3 et G4 (0,18; 32 espèces en commun). Le groupement G2 est le plus diversifié (100 espèces ligneuses) alors que le groupement G3 était le moins diversifié (64 espèces ligneuses), des tendances intermédiaires étant obtenues pour les autres groupements. Les valeurs élevées pour l'indice de diversité de Shannon et l'équitabilité de Pielou indiquent une bonne répartition de la végétation ligneuse entre les quatre groupements végétaux (Tableau 2).

En somme, ces différents résultats obtenus conduisent à retenir que la FCP regroupe quatre groupements végétaux:

- Forêt claire et savane boisée à *Vitellaria paradoxa* et *Uapaca togoensis* (G1) avec 81 espèces ligneuses;
- Galerie forestière à *Anogeissus leiocarpa* et *Cola gigantea* (G2) avec 100 espèces ligneuses;
- Savanes arborée et arbustive à *Vitellaria paradoxa* et *Parinari curatellifolia* (G3) avec 64 espèces ligneuses;
- forêt dense sèche à *Anogeissus leiocarpa* et *Lonchocarpus sericeus* (G4) avec 75 espèces ligneuses.

Tableau 2. Paramètres de diversité spécifique des groupements végétaux: moyenne (Moy.), coefficient de variation (Cv), valeur de probabilité (Prob.) et valeur globale

Paramètres	G1 (n = 78)		G2 (n = 71)		G3 (n = 55)		G4 (n = 22)		Prob.
	Moy.	Cv	Moy.	Cv	Moy.	Cv	Moy.	Cv	
Richesse spécifique moyenne ( <i>S<sub>m</sub></i> , Espèces)	14,6	20,2	12,5	30,7	12,9	26,6	11,1	26,2	0,000
Richesse spécifique globale ( <i>S</i> , Espèces)	81,0	-	100,0	-	64,0	-	75,0	-	-
Diversité de Shannon ( <i>H</i> , Bits)	4,6	-	5,1	-	4,4	-	5,2	-	-
Équitabilité de Pielou, <i>E<sub>q</sub></i>	0,7	-	0,8	-	0,7	-	0,8	-	-

n= nombre de relevés

Ces groupements végétaux renferment globalement 149 espèces végétales ligneuses réparties en 104 genres et 36 familles avec des différences entre les groupements végétaux. Les familles les plus représentées en terme de nombre de genres sont Fabaceae réparties en 24 genres dont: i) Leguminosae Caesalpinoideae avec 12 genres (*Afzelia*, *Berlinia*, *Burkea*, *Cassia*, *Daniellia*, *Delonix*, *Detarium*, *Erythrophleum*, *Isobertinia*, *Piliostigma*, *Senna* et *Tamarindus*); ii) Leguminosae Mimosoideae comportant 6 genres (*Acacia*, *Albizia*, *Entada*, *Leucaena*, *Parkia* et *Prosopis*); iii) Leguminosae Papilionoideae contenant 6 genres (*Andira*, *Lonchocarpus*, *Millettia*, *Pericopsis*, *Pterocarpus* et *Aganope*). Ensuite vient la famille Rubiaceae répartie en 8 genres (*Crossopteryx*, *Fadogia*, *Mitragyna*, *Morinda*, *Pavetta*, *Sarcocephalus*, *Sericanthe* et *Tricalysia*), Malvaceae répartie en 6 genres (*Bombax*, *Ceiba*, *Christiana*, *Cola*, *Dombeya* et *Sterculia*) et Anacardiaceae comprenant en 5 genres (*Anacardium*, *Lannea*, *Mangifera*, *Sclerocarya* et *Spondias*). Les genres les plus représentés en terme de nombre d'espèces sont *Ficus* avec 9 espèces; *Combretum* et *Terminalia* avec 5 espèces chacun. Les cinq principales espèces les plus écologiquement importantes dans chaque groupement végétal sont présentées à la figure 3.

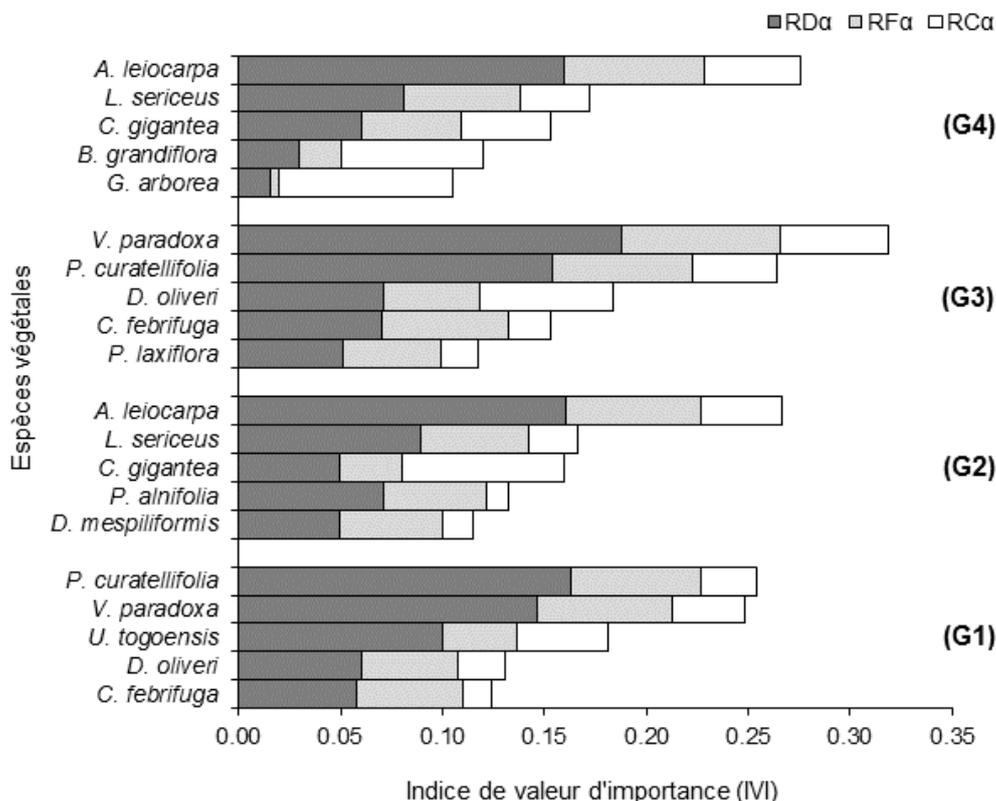


Fig. 3. Principales espèces caractéristiques des groupements végétaux

### 3.2 CARACTÉRISTIQUES DENDROMÉTRIQUES DU PEUPEMENT LIGNEUX

#### 3.2.1 VARIABILITÉ À TRAVERS LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les deux principales espèces caractéristiques des groupements végétaux sont: *Vitellaria paradoxa* et *Uapaca togoensis* pour G1, *Anogeissus leiocarpa* et *Cola gigantea* pour G2, *Vitellaria paradoxa* et *Parinari curatellifolia* pour G3 et *Anogeissus leiocarpa* et *Lonchocarpus sericeus* pour G4 (Figure 3). Les résultats issus des analyses de variance (ANOVA) et des tests de Kruskal-Wallis (Tableau 3) indiquent que tous les paramètres dendrométriques (densité d'arbres, diamètre moyen, surface terrière et hauteur totale) varient significativement (*Prob.* < 0,05) selon les groupements végétaux pour le peuplement global (Tableau 3). L'analyse comparative des caractéristiques dendrométriques des groupements végétaux (Tableau 3) révèle que le groupement G 4 présente globalement les valeurs les plus élevées ( $D = 31,82$  cm et  $G = 27,37$  m<sup>2</sup>/ha) alors que le groupement G 3 en présente les plus faibles valeurs ( $D = 19,73$  cm,  $G = 12,70$  m<sup>2</sup>/ha et  $H_L = 9,88$  m). Toutefois, en ce qui concerne la densité d'arbres, le groupement G1 présente la valeur la plus élevée (510,77 tiges/ha) alors que le groupement G4 présente la valeur la plus faible (347,73 tiges/ha), les arbres les plus hauts étant observés dans le groupement G2 ( $H_L = 17,74$  m). Par ailleurs, l'indice de Green varie de 0,009 à 0,037 indiquant un arrangement spatial aléatoire des arbres au sein des groupements végétaux quel que soit le groupement végétal considéré. Les résultats révèlent que la première espèce caractéristique était plus nombreuse dans les groupements G1 (75 tiges/ha) et G3 (77,5 tiges/ha). En revanche, les individus de la première espèce caractéristique étaient plus gros (diamètre > 33 cm), plus hauts (hauteur totale > 15 m) et avaient une meilleure contribution en surface terrière (contribution > 23 %) dans les groupements G2 et G4. Concernant la deuxième espèce caractéristique, ses individus étaient plus gros dans le groupement G1 (diamètre > 48 cm) plus nombreux dans le groupement G2 (densité > 90 tiges/ha) et plus hauts dans le groupement G4 (hauteur totale > 14 m).

**Tableau 3.** Paramètres dendrométriques des groupements végétaux et de leurs principales espèces caractéristiques: moyenne (Moy.), coefficient de variation (Cv) et valeur de probabilité (Prob.)

Paramètres	G1 (n = 78)		G2 (n = 71)		G3 (n = 55)		G4 (n = 22)		Prob.
	Moy.	Cv	Moy.	Cv	Moy.	Cv	Moy.	Cv	
<b>Première espèce caractéristique</b>									
<i>N</i> , tiges/ha	75,0	68,1	57,0	88,12	77,5	54,6	55,5	116,2	-
<i>D</i> , cm	20,5	29,5	33,3	32,53	19,6	17,9	32,2	50,5	-
<i>G</i> , m <sup>2</sup> /ha	2,4	59,6	5,7	71,03	2,3	53,2	6,5	88,9	-
<i>Cs</i> , %	16,0	61,2	23,6	71,80	20,0	61,5	28,8	86,5	-
<i>H<sub>L</sub></i> , m	9,6	25,5	18,6	18,31	8,9	18,0	15,3	30,5	-
<b>Deuxième espèce caractéristique</b>									
<i>N</i> , tiges/ha	46,0	89,8	90,4	79,0	63,3	87,8	28,2	130,8	-
<i>D</i> , cm	48,3	59,7	22,0	33,3	17,1	20,8	32,8	42,6	-
<i>G</i> , m <sup>2</sup> /ha	9,5	119,0	3,2	73,2	1,8	93,4	4,8	124,1	-
<i>Cs</i> , %	60,3	74,3	11,6	45,1	13,6	78,1	16,7	115,6	-
<i>H<sub>L</sub></i> , m	8,8	35,3	11,1	23,35	8,0	19,0	14,4	32,6	-
<b>Peuplement global</b>									
<i>N</i> , tiges/ha	510,8	27,4	355,8	29,81	412,0	36,3	347,7	28,9	0,000
<i>D</i> , cm	20,1	14,7	31,7	30,60	19,7	14,3	31,8	18,6	0,000
<i>G</i> , m <sup>2</sup> /ha	15,8	25,3	27,3	44,04	12,7	41,2	27,4	32,8	0,000
<i>H<sub>L</sub></i> , m	10,7	20,4	17,7	21,02	9,9	22,2	17,3	17,2	0,000
Indice de Green	0,009	-	0,012	-	0,024	-	0,037	-	-

*N*: Densité, *D*: Diamètre moyen, *G*: Surface terrière, *Cs*: Contribution en surface terrière, *H<sub>L</sub>*: Hauteur totale.

#### 3.2.2 LA RÉGÉNÉRATION

Les résultats de l'évaluation de la régénération dans les groupements végétaux sont présentés dans le tableau 4. Les valeurs de probabilité issues des analyses de variance révèlent des différences significatives (*Prob.* < 0,05) de densités de régénération globales entre les groupements végétaux. La plus forte densité de régénération est observée dans le groupement G 3 (55163 tiges/ha) alors que la plus faible densité de régénération est observée dans le groupement G 4 (31000 tiges/ha). Par ailleurs, de fortes décroissances de densité de régénération sont observées des premiers aux derniers stades de régénération.

Tableau 4. Densité de régénération globale et selon les classes de régénération au sein des groupements végétaux (GV)

GV	Densité 1 <sup>ère</sup> classe		Densité 2 <sup>ème</sup> classe		Densité 3 <sup>ème</sup> classe		Densité globale	
	Moy.	Cv	Moy.	Cv	Moy.	Cv	Moy.	Cv
G1 (n=78)	50533,3	42,7	933,3	112,7	183,3	187,7	51900,0	41,8
G2 (n=71)	34731,9	50,5	1978,3	89,5	108,7	260,1	36869,6	46,5
G3 (n=55)	53558,1	45,7	1023,3	127,9	267,4	143,4	55162,8	44,5
G4 (n=22)	29150,0	42,4	1200,0	100,5	50,0	316,2	31000,0	42,2
Prob.	0,000		0,000		0,025		0,000	

1<sup>ère</sup> classe: plantules, 2<sup>ème</sup> classe 2: juvéniles et 3<sup>ème</sup> classe: jeunes arbres.

### 3.3 STRUCTURES EN DIAMÈTRE ET EN HAUTEUR DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les structures en diamètre établies pour chacun des groupements végétaux (Figure 4) montrent globalement une distribution en "J renversé", caractéristique des peuplements multispécifiques avec des valeurs du paramètre de forme, *c* de la distribution de Weibull toutes proche de 1. Les individus de diamètre compris entre 10 et 40 cm sont largement les plus dominants avec une relative dominance de ceux de la première classe de diamètre (10 cm ≤ *d* < 20 cm) pour ces différentes structures. Par ailleurs, les individus de diamètre supérieur à 50 cm sont quasi-absents au sein des groupements G 1 et G 3. L'analyse log-linéaire effectuée (tableau 5) pour chacune des structures en diamètre indique un bon ajustement des données à la distribution de Weibull pour les différents groupements végétaux (*Prob.* > 0,05) au seuil de 5 %.

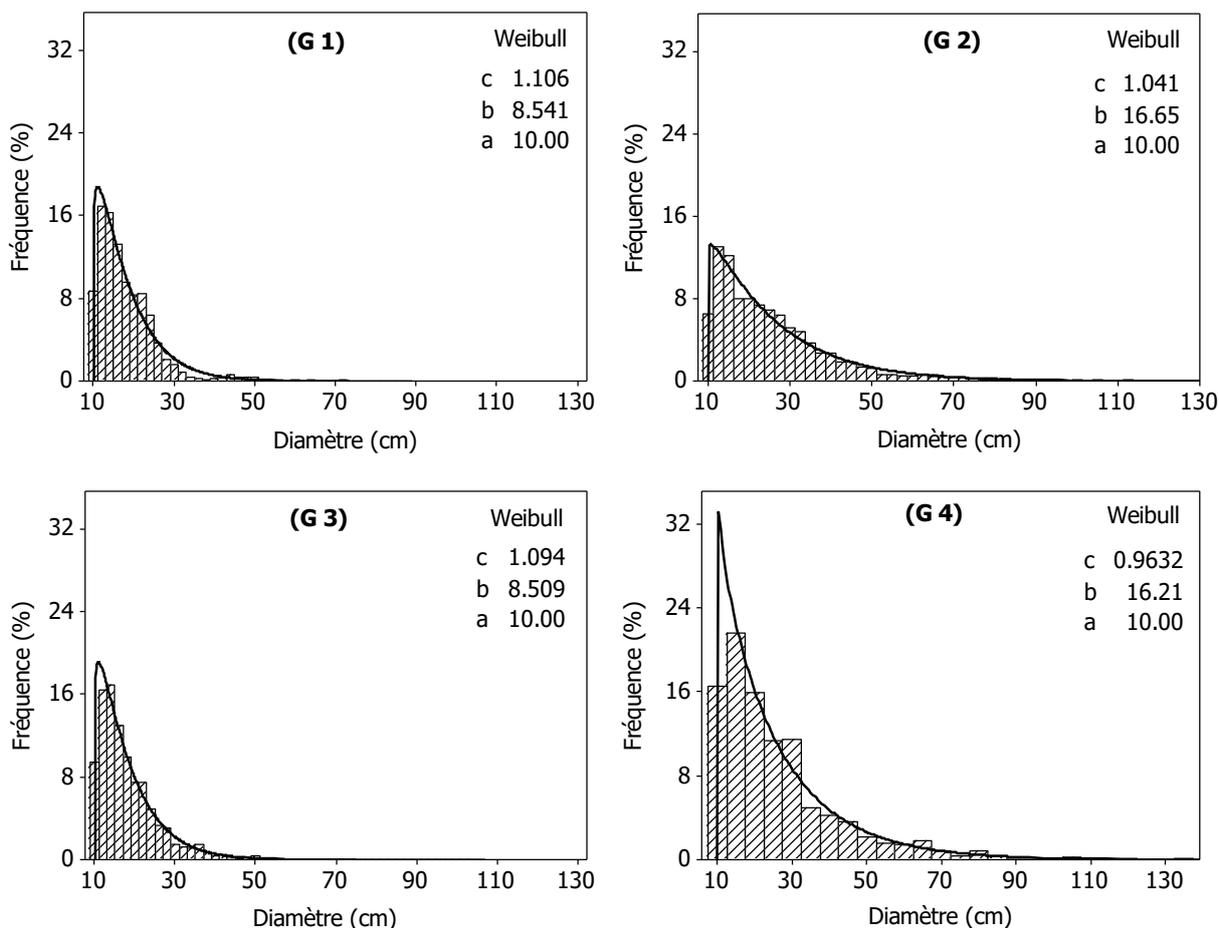


Fig. 4. Structures en diamètre des groupements végétaux

Tableau 5. Ajustement de la distribution de Weibull aux distributions observées: résultats des analyses log-linéaires

Structures observées	G1 (n = 78)		G2 (n = 71)		G3 (n = 55)		G4 (n = 22)	
	Chi-2	Prob.	Chi-2	Prob.	Chi-2	Prob.	Chi-2	Prob.
Structure en diamètre	0,97	0,325	0,30	0,582	0,07	0,790	1,74	0,187
Structure en hauteur	872,60	0,000	1,70	0,192	135,45	0,000	0,37	0,545

En ce qui concerne les structures en hauteur, il ressort de l'analyse de la figure 5 que les distributions en hauteur des quatre types de peuplement sont en cloche et présentent une dissymétrie gauche. Les arbres de hauteur comprise entre 5 et 15 m sont les plus représentés au sein des groupements. L'analyse log-linéaire effectuée (tableau 5) pour chacune des structures en hauteur indique globalement un bon ajustement des données à la distribution de Weibull pour les différents groupements végétaux (*Prob.* > 0,05) au seuil de 5 %.

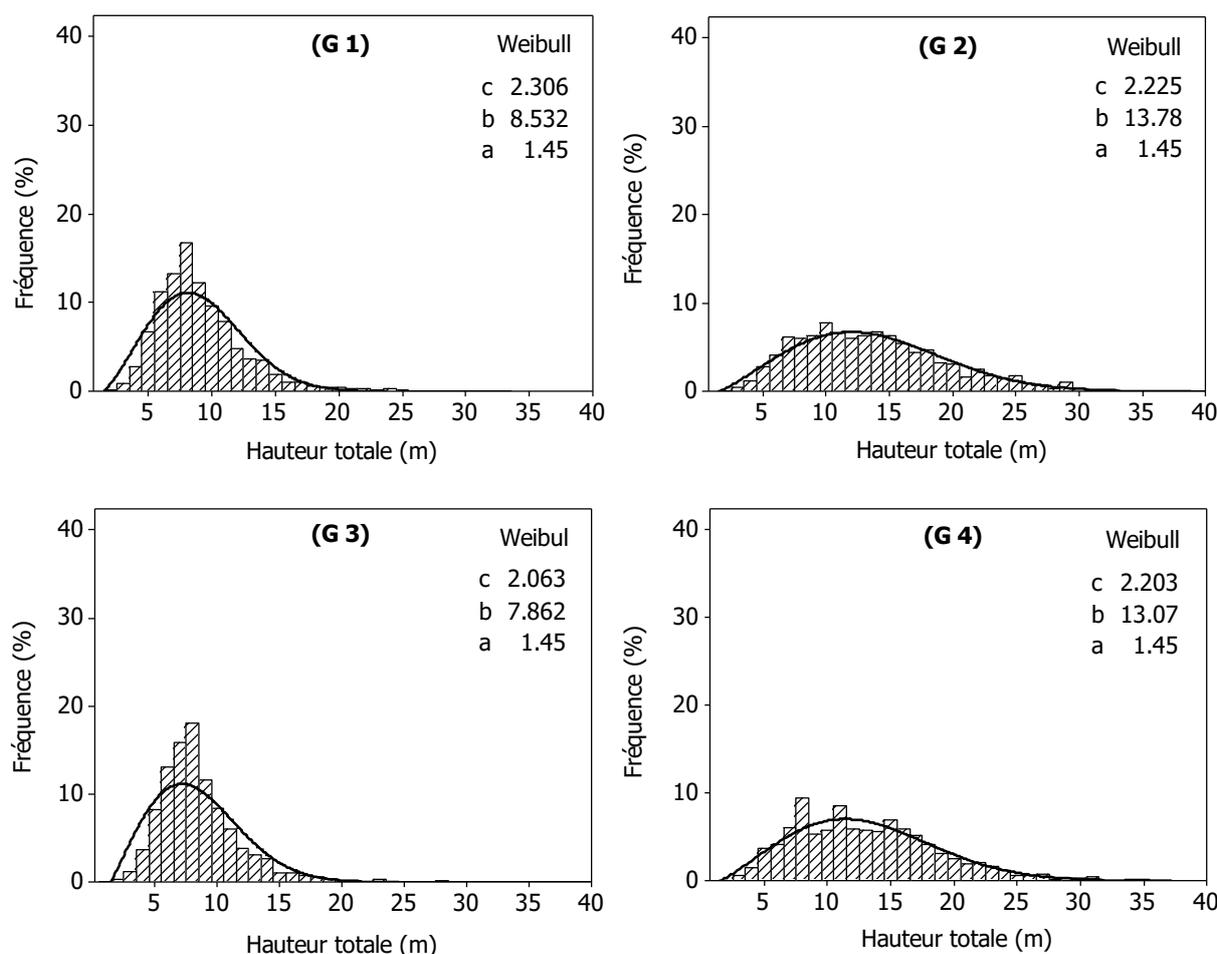


Fig. 5. Structures en hauteur des groupements végétaux

#### 4 DISCUSSION

La connaissance de la diversité floristique et de la structure d'une forêt présente un grand intérêt en matière de gestion forestière. Elle traduit d'une part la réaction de celle-ci aux conditions de croissance et aux opérations sylvicoles pratiquées [29] et d'autre part les actions futures à engager.

##### 4.1 COMPOSITION FLORISTIQUE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

La diversité floristique de la Forêt Classée de Pénésoulou (FCP) a révélé l'existence de quatre (04) groupements végétaux: le premier (G1) caractérisé par les espèces de forêt claire et savane boisée, le deuxième (G2) par les espèces de forêt galerie, le troisième (G3) par les espèces de savanes arborée et arbustive et le quatrième (G4) par les espèces de forêt dense sèche. Parmi les principales

espèces caractéristiques des groupements végétaux figure *Anogeissus leiocarpa*, une des espèces actives pour la conservation au Bénin et fortement recherchée par les exploitants forestiers ([1], [9], [30]). Il en est de même pour *Cola gigantea* et *Daniellia oliveri* qui font actuellement l'objet d'exploitation à des fins de bois d'œuvre et de service.

La diversité floristique de la FCP est moins prononcée que celle de la Forêt Classée de Lama constituée de cinq groupements végétaux avec 392 espèces végétales ligneuses [31], que celle des forêts galeries de la Réserve Biosphère de la Pendjari également constituée de cinq groupements végétaux renfermant 350 espèces [32]. Néanmoins, la FCP bénéficie d'un micro climat avantageux avec une pluviosité totale annuelle variant entre 1.165 à 1.300 mm [10], largement au dessus de la moyenne de la zone soudano-guinéenne qui est d'au plus 1.100 mm [33]. Les causes probables de cette situation pourraient être le relâchement, voire l'abandon de la surveillance de la FCP contre l'exploitation forestière illégale après la fin du projet Projet de Restauration des Ressources Forestières en 2003. Ce qui a rendu vulnérables les formations ouvertes et celles situées le long des voies et pistes bordant la réserve. Ces écarts pourraient être également expliqués par la différence des relevés effectués dans chaque cas (présente étude: relevés écologiques; [31] et [32]: relevés phytosociologiques).

Par contre, la diversité floristique de la FCP est meilleure à celle de la Forêt Classée de Wari-Marou située dans la même zone climatique où la forêt claire et la savane boisée ne compaiaient que 34 et 33 espèces ligneuses respectivement [1]. Ce massif, compte tenu de sa taille n'a véritablement pas bénéficié d'actions rigoureuse de protection contrairement à la FCP qui récemment a été mise sous gestion de l'Office National du Bois avec des exploits de surveillance.

## 4.2 CARACTÉRISTIQUES DENDROMÉTRIQUES DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX ET RÉGÉNÉRATION

La caractérisation dendrométrique des groupements végétaux montre que bien que dans la même zone climatique et donc exprimant les mêmes potentiels, les paramètres dendrométriques varient significativement entre les formations végétales, suggérant que les facteurs climatiques ne sont pas les seuls facteurs qui gouvernent l'abondance et la croissance des espèces. Les arbres sont plus gros dans la forêt dense sèche (groupement G4) que dans la forêt claire et savane boisée (groupement G1) avec des tendances intermédiaires pour la forêt galerie et la savane boisée (groupements G2 et G3). Le premier (G1) caractérise par les espèces de forêt claire et savane boisée, le deuxième (G2) par les espèces de forêt galerie, le troisième (G3) par les espèces de savanes arborée et arbustive et le quatrième (G4) par les espèces de forêt dense. La compétition inter-spécifique semble donc être beaucoup plus marquée dans le groupement végétal G1 que dans le groupement végétal G4; ce qui est en concordance avec les valeurs de densité d'arbres obtenues (510,8 tiges/ha en G1 et 347,7 tiges/ha en G4). Les densités obtenues dans cette étude sont supérieures à celles rapportées pour la Forêt Classée de Wari-Marou par [28] (203 à 225 arbres/ha), par [34] (80 et 109 arbres/ha) et par [1] (182 à 189 arbres/ha); témoignant des bonnes conditions écologiques dans la FCP.

L'exploitation illégale de bois pourrait également justifier les différences observées entre les groupements G1 et G4. En effet, les formations végétales ouvertes sont plus faciles d'accès aux exploitants illégaux pour la coupe des arbres ainsi que leur débardage des forêts. Ces formations sont également celle les plus exposés; bordant l'axe principal Pénésoulou-Djougou ou situées à proximité de village riverain (Niario). La topographie des formations ouvertes offre moins accidentée que celle des formations denses (forêt galerie, forêt dense) souvent parsemées de ravinelements et de ruisseaux. Cet état de chose les rend plus vulnérables aux manœuvres des exploitations illicites. Dans ces formations, on note la présence de trouées qui témoignent des faits d'écroulement par exploitation illégale entraînant la dégradation desdites unités. D'ailleurs, les individus de diamètre compris entre 10 et 40 cm sont les plus représentés avec une rareté des individus de diamètre supérieur à 50 cm, notamment dans les groupements végétaux G1 et G3. Cette tendance étant contraire dans les peuplements voisins de forêts denses (G4) présentant globalement des meilleures caractéristiques dendrométriques. Toutefois, les arbres des groupements végétaux identifiés sont plus gros que ceux des groupements similaires de la Réserve de Biosphère de la Pendjari ( $D = 17,8$  cm) rapportés par [35], témoignant des bonnes conditions climatiques dont jouit la forêt et de la facilité de la célérité que pourrait offrir sa reconstitution si les mesures sont prises dans ce sens.

Les résultats de l'analyse de la structure en hauteur de la FCP indiquent que les arbres de hauteur comprise entre 5 et 15 m sont les plus représentés au sein des groupements végétaux. Les allures en cloche observées sont similaires à celles rapportées par [36] et [31] pour la Forêt Classée de Lama. Cette régénération observée (densité moyenne variant entre 31.000 et 55.163 tiges/ha) montre que la FCP regorge d'un potentiel émergent important avec un stade de développement varié. Cela témoigne des bonnes conditions écologiques de la forêt qui favorisent la survie et la transition de la régénération des diamètres inférieurs vers les ceux supérieurs mais également des actions récentes de protection des ressources. En effet, la récupération de la gestion de cette forêt par l'Office National du Bois (ONAB) depuis l'année 2012, mettant en place un arsenal puissant de sécurisation (maillage par les postes de gardiennage) offre une tranquillité qui milite en faveur de cette régénération.

## 5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Cette étude a permis d'évaluer la composition floristique de la FCP. Elle a aussi permis de caractériser la structure de quatre groupements végétaux identifiés (G1, G2, G3 et G4) dans la FCP. Les principaux résultats obtenus montrent que la diversité floristique et les caractéristiques dendrométriques diffèrent selon les groupements végétaux. Pour les structures en diamètre et en hauteur des

quatre groupements végétaux, une distribution en "J renversé" et une distribution en cloche ont été respectivement obtenues. La quasi-totalité des structures s'ajustent bien à la distribution de Weibull.

Ces résultats traduisent que par le passé la FCP a fait l'objet de bonne conservation ce qui est témoigné par la présence de stations de formations végétales fermées. Un courant contraire a été observé dans les formations ouvertes faciles d'accès enclin à une perte de la biodiversité forestière illustrée par la composition et les paramètres dendrométriques de ces formations fragilisées. Par ailleurs, les derniers efforts menés au profit de la protection de la FCP par l'Office National du Bois (installé depuis 8 ans) sont traduits dans les tendances progressives de régénération observée.

En termes de perspectives de gestion durable et pour mieux contrôler les pressions anthropiques sur la forêt, il est suggéré une actualisation du plan d'aménagement avec une meilleure prise en compte des questions de:

- La conservation de la biodiversité;
- La création d'une zone tampon tout autour de la forêt classée;
- Le renforcement de la surveillance;
- L'enrichissement des trouées dans les formations savaniques après une étude des conditions édaphiques desdites zones;
- La redynamisation de la gestion participative impliquant les populations locales riveraines dans la gestion quotidienne de la forêt assortie d'un programme minimum de sensibilisation.

## REFERENCES

- [1] A.G. Amagnide, V. Salako, M. Donou Hounsode, F. Sinsin, V. Orékan, C. Dan and R. Glèlè Kakai, "Ecological consequences of anthropogenic pressure in Wari-Marô Forest Reserve (Benin, West Africa)," *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, vol. 109, no. 2, pp. 271-289, 2015.
- [2] FAO (Food and Agriculture Organization), *Evaluation des ressources forestières mondiales 2010, Rapport principal*. Rome, Italie, 2010.
- [3] FAO (Food and Agriculture Organization), *Situation des forêts du monde, 1997*. Rome, Italie, 1997.
- [4] WRI (World Resources Institute), *2011-2012 annual report*, 2012.
- [5] FAO (Food and Agriculture Organization), *Situation des forêts du monde 2009*. Rome, Italie, 2009.
- [6] J.C. Ganglo and B. de Foucault, "Plant communities, forest site identification and classification in Toffo reserve, Southern Benin," *Bois et forêts des tropiques*, vol. 288, pp. 25-38, 2006.
- [7] ONAB (Office National du Bois) et DGFRN (Direction Générale des Forêts et Ressources Naturelles), *Révision du Plan d'Aménagement Participatif de la Forêt Classée de Pénésoulou, période 2013 – 2032. Volume 1: Plan d'Aménagement Participatif*, 2014.
- [8] A.C. Adomou, B. Sinsin and L.J.G. van der Maesen, "Phytosociological and chorological approaches to Phytogeography: A study at meso-scale in Benin," *Systematics and Geography of Plants*, vol. 76, pp. 155–178, 2006.
- [9] DGFRN (Direction Générale des Forêts et Ressources Naturelles), *Rapport d'activités 2010*. Cotonou, Bénin, 2010.
- [10] Adomou, A. C., *Phytogeographie et flore*. In: B. Sinsin, and D. Kampmann (Eds.), *Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest*, vol. 1, Benin, BIOTA, Cotonou et Frankfurt/Main., pp 134-143, 2011.
- [11] A. Akoègninou, W.J. van der Burg, L.J.G. van der Maesen, *Flore analytique du Benin*. UAC, Cotonou, République du Benin. Backhuys Publishers, Wageningen, 2006.
- [12] A. C. ADOMOU, *Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation*, PhD thesis. Wageningen University, 2005.
- [13] J. Braun-Blanquet, *Plant sociology: The study of plant communities*. McGraw Hill, New York and London, 1932.
- [14] J.R. Bray and J.T. Curtis, "An ordination of the upland forest communities in southern Wisconsin," *Ecological Monographs*, vol. 27, pp. 325–349, 1957.
- [15] J. Oksanen, F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, H. Wagner, 2016. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- [16] D.W. Roberts, 2016. *labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology*. R package version 1.8-0. <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>.
- [17] R.H. Økland, "Are Ordination and Constrained Ordination Alternative or Complementary Strategies in General Ecological Studies?," *Journal of Vegetation Science*, vol. 7, no. 2, pp. 289-292, 1996.
- [18] J.T. Curtis and R.P. Macintosh, "An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin," *Ecology*, vol. 32, pp. 476–496, 1951.
- [19] R.R. Sokal and P.H. Sneath, "Principles of numeric taxonomy", San Francisco, W.H. Freeman, 1963.
- [20] F. Gillet, *La Phytosociologie synusiale intégrée, Guide méthodologique*. Document du Laboratoire d'Ecologie Végétale1. Neuchâtel (Suisse): Institut de Botanique, 2000.
- [21] J. Rondeux, *La mesure des peuplements forestiers*, 2ème eds. Gembloux (Belgique): Presses agronomiques de Gembloux, 1999.

- [22] A. Kangas and M. Maltamo, *Forest Inventory: Methodology and Applications*. Dordrecht (England): Springer, 2007.
- [23] M.J. Crawley, *The R book*, 2nd Ed. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, 2013.
- [24] A.B. Cunningham, *Applied Ethnobotany. People, Wild Plant Use and Conservation*. People and Plant Conservation manuals. Earthscan Publications Ltd. London, 2001.
- [25] N.L. Johnson, S. Kotz, *Distributions in Statistics: Continuous Univariate Distributions*. New York: John Wiley & Sons, 1970.
- [26] R Core Team, 2019. R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [27] Minitab, *Minitab for Windows*, Release 11. Minitab, Inc., State College, PA, USA, 1996.
- [28] R. Glèlè Kakaï and B. Sinsin, "Structural description of two Isoberlinia dominated vegetation types in the Wari–Maro Forest Reserve (Benin)," *South African Journal of Botany*, vol. 75, pp. 43–51, 2009.
- [29] A. Van Laar and A. Akça, *Forest mensuration*. Springer, Dordrecht, 2007.
- [30] J. D. T. Akpona, A. E. Assogbadjo, A. B. Fandohan and R. Glèlè Kakaï, "Inventory and multicriteria approach to identify priority commercial timber species for conservation in Benin," *Bois et Forêts des Tropiques*, vol. 333, pp. 5-16, 2017.
- [31] S. O. Folahan, E. F. Dissou, G. S. Akouehou, B. A. Tente and M. Boko, "Ecologie et structure des groupements végétaux des écosystèmes de la Lama au Sud-Bénin," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 12, no. 1, pp. 322-340, 2018.
- [32] M. Oumorou, A. K. Natta, A. C. Adomou and B. de Foucault, "Caractéristiques écologiques et phytosociologiques des galeries forestières de la Réserve de biosphère de la Pendjari (nord-ouest du Bénin)," *Acta botanica gallica*, vol. 158, no. 1, pp. 125-139, 2011.
- [33] B. Sinsin, O. Eyog Matig, A.E. Assogbadjo, O.G. Gaoue, T. Sinadouwirou, "Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azelia africana* Sm. trees dynamics in different climatic zones of Benin," *Biodiversity and Conservation*, vol. 13, pp. 1555–1570, 2004.
- [34] A. E. Assogbadjo, R L. Glèlè Kakaï, B. Sinsin and D. Pelz, "Structure of *Anogeissus leiocarpa* Guill., Perr. natural stands in relation to anthropogenic pressure within Wari-Marou Forest Reserve in Benin," *African Journal of Ecology*, vol. 48, no. 3, pp. 644-653, 2010.
- [35] T. Houehanou, V. Kindomihou, M. Houinato and B. Sinsin, "Dendrometrical characterization of a firewood plant species (*Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr.) in Pendjari Biosphere Reserve and its surrounding land use area (Benin, Western Africa)," *Tropentag*. In Conference on International Agricultural Research for Development, Göttingen, 2007.
- [36] W. Bonou, R. Glèlè Kakaï, A. E. Assogbadjo, H. N. Fonton and B. Sinsin, "Characterisation of *Azelia africana* Sm. habitat in the Lama forest reserve of Benin," *Forest ecology and management*, vol. 258, no. 7, pp. 1084-1092, 2009.