



Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Pseudocedrela kotschy* de la forêt de Pénésoulou (Bénin)

Ibrahim TRAORE MOUSSILIMI¹, Kourouma KOURA^{1*} , Augustin K. N. AOUDJI¹ , Jaures Alain GBETOHO¹ , Gaston S. AKOUEHO², Jean Cossi GANGLO¹ 

¹ Laboratoire des Sciences Forestières, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, BP 1493 Calavi, Bénin

² Centre d'Etudes, de Recherche et de Formation Forestières, Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable, Cotonou, Bénin

Emails : traoremoussilimii@gmail.com ; kourakourouma@gmail.com ; augustin.aoudji@gmail.com ; gljaures@gmail.com ; akouehougas@yahoo.fr ; ganglocj@gmail.com

Reçu le 10 Janvier 2022 - Accepté le 5 Décembre 2022 - Publié le 31 Décembre 2022

Résumé : La présente étude a été conduite dans la forêt classée de Pénésoulou (Nord-Ouest, Bénin) et a caractérisé les structures et étudié l'écologie des populations de *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms afin d'asseoir de meilleures stratégies de gestion de l'espèce dans ladite forêt. Pour y arriver, vingt-trois (23) placeaux de 50 m x 50 m ont été aléatoirement installés à travers les différentes formations végétales (forêt galerie, savane, forêt dense). Dans ces dispositifs, la circonférence à 1,30 m du sol et la hauteur de tous les arbres de dbh ≥ 10 cm ont été mesurés et les sujets de dbh < 10 cm ont été comptés. Le mode de répartition des individus de l'espèce a été déterminé grâce au calcul des indices de Blackman (IB) et de Green (IG). L'étude révèle une richesse spécifique de 44 espèces et une meilleure répartition ($H = 3,78$ bits, $E_q = 0,87$) des espèces au sein de la forêt galerie. *Pseudocedrela kotschy*, n'est retrouvée que dans la savane (4 arbres/ha) et dans la forêt galerie (104 arbres/ha). Les valeurs du diamètre moyen quadratique, de la hauteur moyenne de Lorey, de la surface terrière des arbres de l'espèce dans la forêt galerie sont respectivement : $D_g = 21,04$ cm, $H_L = 19,24$ m et $G = 3,61$ m²/ha avec une asymétrie gauche pour la structure en diamètre. En ce qui concerne la régénération, les individus juvéniles de l'espèce (dbh compris entre 1 cm et 5 cm) se retrouvent exclusivement dans la forêt galerie (Densité = 125 individus juvéniles/ha) tandis que les savanes sont plus riches en plantules (dbh < 1 cm) de l'espèce (Densité = 1580 plantules/ha). Les jeunes perches (dbh compris entre 5 cm et 10 cm) sont inexistantes dans les formations végétales étudiées. Face à tous ces constats, des stratégies de conservation ont été proposées.

Mots clés : *Pseudocedrela kotschy*, caractéristiques structurales, caractéristiques écologiques, forêt classée de Pénésoulou, Bénin.

Structural and ecological characteristics of populations of *Pseudocedrela kotschy* from the forest of Penessoulou (Benin)

Abstract: The present study was conducted in Penessoulou classified forest (North-West, Benin) and characterized the structures and studied *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms populations' ecology in order to establish better management strategies for the species in this forest. To achieve this, twenty-three (23) plots of 50 m x 50 m were randomly installed across the different plant formations (gallery forest, savannah, dense forest). In these devices, the circumference at 1.3 m from the ground and the height of all trees with dbh ≥ 10 cm were measured and the trees with dbh < 10 cm were counted.

The mode of distribution of individuals of the species was determined by calculating the Blackman (IB) and Green (GI) indices. The study reveals a specific richness of 44 species and a better distribution ($H = 3.78$ bits, $E_q = 0.87$) of species within the gallery forest. *Pseudocedrela kotschy*, is only found in the savannah (4 trees/ha) and in the gallery forest (104 trees/ha). The values of the quadratic mean diameter, the mean height of Lorey, the basal area of the trees of the species in the gallery forest are respectively: $D_g = 21.04$ cm, $H_L = 19.24$ m and $G = 3.61$ m²/ha with a left asymmetry for the structure in diameter. With regard to regeneration, the juvenile individuals of the species (dbh between 1 cm and 5 cm) are found exclusively in the gallery forest (density = 125 juvenile individuals/ha) while the savannahs are richer in seedlings (dbh < 1 cm) of the species (density = 1580 seedlings/ha). Young poles (dbh between 5 cm and 10 cm) are non-existent in the plant formations studied. Faced with all these findings, conservation strategies have been proposed.

Keywords: *Pseudocedrela kotschy*, structural characteristics, ecological characteristics, Penésoulou forest reserve, Benin.

1. Introduction

La biodiversité de façon générale et celle forestière en particulier revêt une importance capitale pour les ménages béninois, qu'ils soient ruraux ou urbains. En effet, le secteur forestier contribue pour environ 6,64 % au PIB et la filière bois énergie emploie 200.000 personnes et embrasse un chiffre d'affaire de près de sept milliards de FCFA par an (5^{ème} Rapport National sur l'état de la biodiversité au Bénin, 2014). D'après ce rapport, les ressources forestières constituent la première source de combustible domestique et fournissent des aliments, des plantes médicinales, des produits de chasse et d'autres produits forestiers non ligneux (fruits, résine, champignons, graines oléagineuses, légumes, etc.). Elles génèrent des revenus et des emplois pour la population (exploitation, commerce, transport, écotourisme, transformation, plantations privées, etc.). Elles fournissent pour le bien-être des populations, des services écosystémiques (lutte contre les changements climatiques, préservation des écosystèmes terrestres et fluviaux, du régime des eaux, etc.) et d'autres biens et services. La vente de bois de feu et de charbon de bois et des PFNL permet aux producteurs ruraux d'améliorer leurs revenus surtout en saison sèche. Tous ces produits font l'objet de petit commerce vers les pays limitrophes particulièrement les produits forestiers non ligneux utilisés dans la pharmacopée traditionnelle et dans l'alimentation humaine et génèrent des revenus substantiels aux ménages. Par exemple, en période de soudure, les ménages du Nord-Bénin utilisent *Cochlospermum tinctorium* (plante à souche vivace semi-tubéreuse) pour rougir la sauce en remplacement de la tomate fraîche qui devient totalement rare. Mais la croissance démographique galopante du pays oblige les populations à exercer clandestinement des pressions sur ces ressources au point où certains des domaines protégés pour la conservation desdites ressources sont en perte de vitesse de biodiversité entraînant la rareté et la disparition d'un certain nombre d'espèces (Sinsin &

Kampmann (eds) (2010) à tel enseigne que le Bénin est classé parmi les dix (10) pays les plus déforestateurs par la FAO en 2010 (FAO, 2010). Alors une nécessité de conservation de la biodiversité pour une gestion durable s'impose au Bénin. Actuellement au Bénin, les dix premières espèces prioritaires pour la conservation à cause de leur bois sont : *Khaya senegalensis* (Desv.) A. Juss., *Khaya grandifoliola* C. DC., *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg, *Pterocarpus erinaceus* Poir., *Isobertinia tomentosa* Harms) Craib & Stapf, *Antiaris toxicaria* Lesch. subsp. *welwitschii* (Engler), *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr., *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms et *Isobertinia doka* Craib & Stapf (Akpona *et al.*, 2017). Dans cette liste, *Pseudocedrela kotschy* fait partie des espèces ne disposant pas encore d'un statut selon l'UICN et donc n'est pas sur la liste rouge de cette institution pour la Bénin (Adomou *et al.*, 2010). Tenant compte de la répartition de l'espèce comme critère de priorisation, *P. kotschy* (3 phytodistricts sur 10) est la deuxième espèce de cette liste à prioriser après *Antiaris toxicaria* (2 phytodistricts sur 10) pour la conservation (Akpona *et al.*, 2017).

Depuis 2006, elle a été classée parmi les espèces les plus menacées de la forêt classée de Pénésoulou par Sokpon *et al.* (2006) et à ce jour, des études sur l'état actuel de la population de *P. kotschy* dans la forêt classée de Pénésoulou sont inexistantes. Par conséquent, il n'existe pas de données sur les caractéristiques structurales (paramètres dendrométriques, structure en diamètre, structure en hauteur) ainsi que la répartition spatiale de la population de *P. kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou. Aussi, les caractéristiques floristiques (richesse spécifique, indices de diversité) des formations végétales qui abritent la population de *P. kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou ne sont pas connues. Or, d'après Hitimana *et al.* (2004), la gestion durable des forêts en Afrique subsaharienne passe par une connaissance approfondie des caractéristiques structurales, de la répartition spatiale des espèces de ces forêts et enfin des caractéristiques floristiques des formations végétales abritant les espèces. Ce qui justifie la pertinence de cette étude qui porte sur les caractéristiques

structurales et écologiques des populations de *Pseudocedrela kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou. Les résultats de cette étude serviront d'une part, à attirer l'attention des décideurs sur l'état de dégradation des ressources forestières de cette forêt, et d'autre part à asseoir de meilleures stratégies de conservation des populations de *Pseudocedrela kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de l'espèce

L'espèce d'étude est *Pseudocedrela kotschy* ou Cèdre des zones sèches ou acajou de cèdre dur en français de la famille des Méliacées. Elle se rencontre de l'Est du Sénégal à l'Ouest de l'Ethiopie et de l'Ouganda (Louppe *et al.* 2008) préférentiellement dans les savanes arborées (Shahina, 1989). L'espèce est un arbre monoïque qui peut atteindre 20 m de hauteur (Akoegninou *et al.*, 2006) alors que les individus couramment rencontrés sont d'une taille de 6 à 9 m de hauteur en raison des dommages causés par le feu. L'espèce a des

feuilles (Photo 1a) plus ou moins pubescentes aux marges ondulées et souvent disposées en touffes terminales des branches (Akoegninou *et al.*, 2006), des fleurs (Photo 1b) unisexuées, de couleur blanche apparaissant entre février et avril et des fruits (Photo 1c et 1d) en capsules ligneuses apparaissant entre janvier et juillet (Akoegninou *et al.*, 2006). C'est une espèce à reproduction par graine et / ou par drageonnage (Lemmens, 2008).

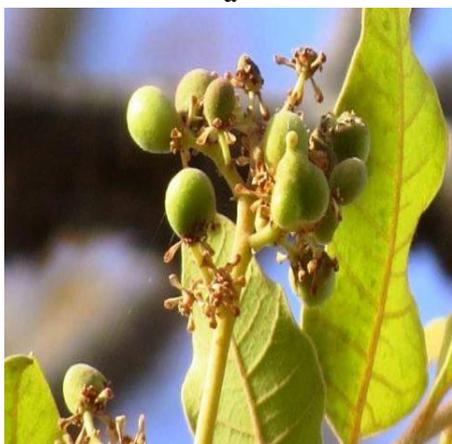
Au Bénin, son bois lourd de couleur rouge et très facile à travailler est très apprécié pour la menuiserie et les outils (Akoegninou *et al.*, 2006). Les organes (feuilles, racines, écorce) de *Pseudocedrela kotschy* sont très sollicités en médecine traditionnelle béninoise pour traiter les œdèmes, les dermatoses, la stérilité féminine, l'ascite, l'incontinence et les convulsions (Akoegninou *et al.*, 2006). Une infusion à base de poudre de racines de l'espèce est utilisée pour traiter la cirrhose du foie en Ouganda (Lemmens, 2008). Dans la médecine traditionnelle vétérinaire nigériane, la trypanosomose du bétail est traité à partir de l'écorce de la tige de *P. kotschy* et les vers intestinaux à partir des feuilles (Lemmens, 2008). Et ses feuilles sont utilisées comme engrais vert (Lemmens, 2008).



a



b



c



d

Photo 1 : a : feuille pennée de *P. Kotschy*, b : Fleurs de *P. kotschy*, c : fruits non mûrs de *P. kotschy*, d : Fruits secs ouverts de *P. kotschy*. (Source : Lemmens (2008) / a : pinnate leaf of *P. kotschy*, b : Flowers of *P. kotschy*, c : unripe fruits of *P. kotschy*, d : Open dried fruits of *P. kotschy*)

2.2. Milieu d'étude

La forêt classée de Pénésoulou où la présente étude s'est déroulée (9°14' de latitude Nord et 1°30' de longitude Est), a une superficie de 5 575,50 ha et est située dans la commune de Bassila, département de la Donga (Nord-Ouest Bénin) (Figure 1). Cette zone est caractérisée par un climat de type guinéo-soudanien avec deux saisons de durées presque égales qui s'alternent : une saison pluvieuse (Avril à Octobre) et une saison sèche (Novembre à Mars). Entre 1980 et 2010 les précipitations moyennes annuelles de la zone variaient entre 1200 et 1300 mm d'eau soit environ 250 mm d'eau par

mois et la température moyenne annuelle de la même période oscille autour de 25 °C (ASECNA, 2011). La température maximale de la période, enregistrée en Mars, est de 38 °C tandis que la température minimale enregistrée en Décembre est de 19 °C (ASECNA, 2011). C'est une zone où l'humidité relative varie entre 15 % (janvier) à 99 % (août-septembre) avec des vents légers durant l'année sauf au début de la saison pluvieuse à cause des tornades. La période d'harmattan (Novembre-Février) est caractérisée par des vents plus ou moins violents.

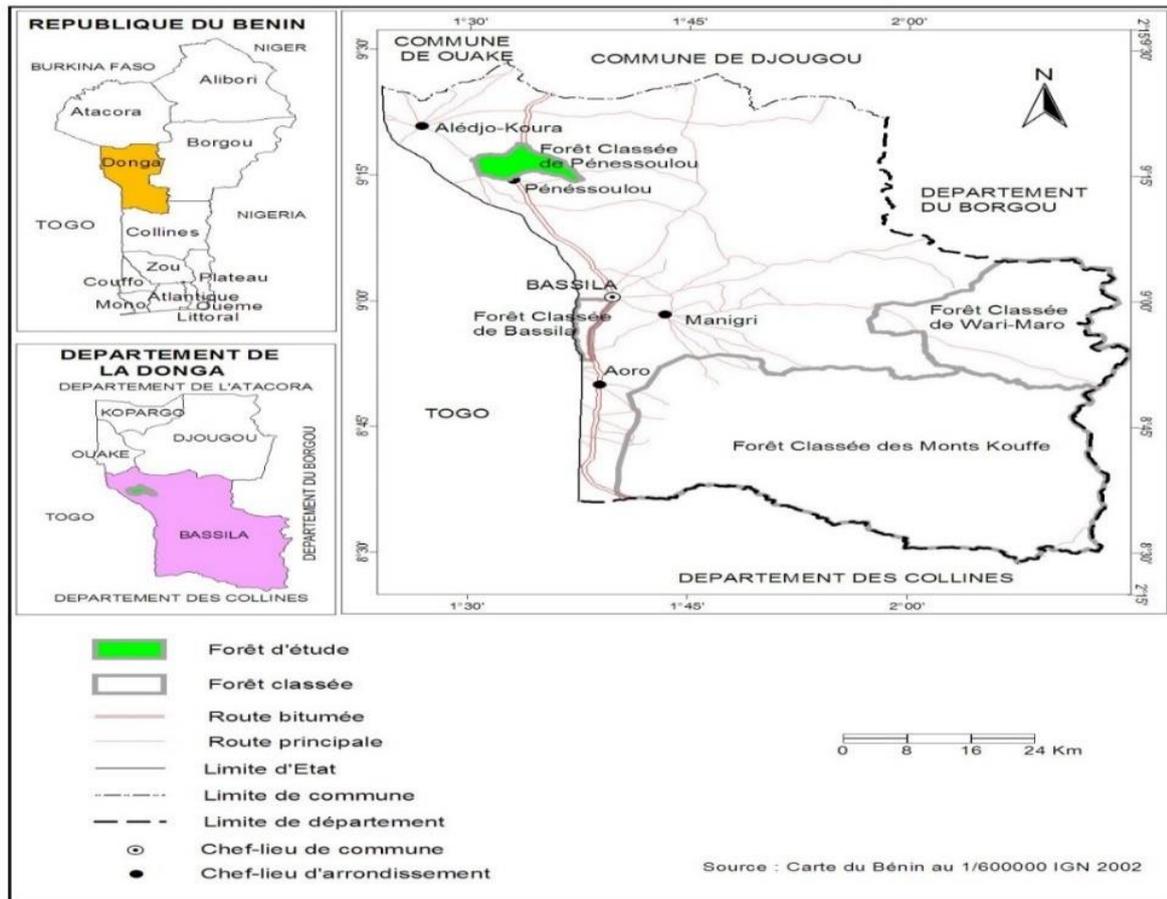


Figure 1 : Carte de situation géographique de la forêt classée de Pénésoulou / Location map of Penessoulou classified forest (Traoré, 2017).

Dans la forêt classée de Pénésoulou, trois types de sols se rencontrent à savoir les sols ferrugineux sableux ou sablo-limoneux à charge gravillonnaire très important et de profondeur utile faible à très faible. Ils représentent 55 % des sols de la forêt. Les sols ferralitiques rouge-brun à brun rouille faiblement ou moyennement désaturés à charge gravillonnaire et profondeur utile variables et argileux en profondeur. Ils représentent 25 %

des sols. Enfin, il y a les sols hydromorphes peu humifères à gley ou à pseudogley à différenciation horizontale marquée avec une profondeur utile parfois limitée par une carapace. Ils représentent 19 % des sols de la forêt. Mais il faut noter qu'à très faible proportion (1 %), des minéraux bruts sur roche-mère affleurante ou sub-affleurante se rencontrent aussi dans cette forêt [Hincourt, 1992]. La forêt classée de Pénésoulou est

traversée par de nombreux ruisseaux et autres petits cours d'eau qui ont favorisé l'installation d'une forêt galerie. Plusieurs formations végétales cohabitent dans la forêt classée de Pénésoulou. Il s'agit de : la galerie forestière (13 %), la forêt dense sèche (10 %), la forêt claire et la savane boisée (29 %), la savane arborée et arbustive (46 %). Le reste de la superficie est constitué de roches latéritiques et d'infrastructures routières (2 %). A côté de ces formations végétales naturelles, 143 ha de plantation dont 84 ha de plantations artificielles de *teck* et d'*anacardier* se rencontrent dans cette forêt. L'état de la végétation de cette forêt est généralement influencé par des facteurs surtout anthropiques : les feux de brousse réguliers favorisant l'extension des savanes au détriment des formations denses (Avakoudjo et Assouan, 1997).

2.3. Méthodes

2.3.1. Echantillonnage

Les différentes formations végétales de la forêt ont été dans un premier temps localisées grâce à la carte de végétation de la forêt classée de Pénésoulou. Ensuite un échantillonnage aléatoire stratifié a été utilisé. En effet, dans le but de réaliser un échantillonnage représentatif, les quatre unités d'aménagement (Pénésoulou, Pénélan, Nioro et Nagayilé) de la forêt ont été considérées. Au sein de chaque unité, des placeaux de 50 m * 50 m (0,25 ha) et distants de 50 m ont été installés lorsqu'au moins un individu de l'espèce est identifié. A ce titre, la savane [formation la plus répandue, 66 % de la forêt (Adame *et al.*, 2020)] a enregistré le plus grand nombre des placeaux (13). Quant aux deux autres formations végétales, le faible nombre de placeaux (05 placeaux dans chaque formation) est lié à leur faible représentativité (0,46 %) pour la forêt dense (Adame *et al.*, 2020).

2.3.2. Collecte des données

Dans chaque placeau installé, les circonférences à 1,30 m du sol et les hauteurs totales de tous les arbres ayant une circonférence à 1,30 m du sol supérieure ou égale à 31,4 cm ont été respectivement mesurées grâce au mètre ruban et au clinomètre SUUNTO (Tableau 1).

Tableau 1 : Paramètres mesurés et méthodes utilisées

| Paramètres mesurés | Méthodes utilisées |
|-------------------------------|---|
| Circonférence à 1,30 m du sol | La mesure de ce paramètre a été faite à l'aide d'un mètre ruban, tenu perpendiculairement à l'axe du tronc de l'arbre au niveau de sa section à 1,30 m du sol. |
| Hauteur totale | - La distance d'éloignement (L) séparant l'opérateur de l'arbre à mesurer a été, dans un premier temps, prise ; - A l'aide du clinomètre, les mesures angulaires exprimées en pourcentages ont été prises en visant, d'une part, le sommet (bourgeon terminal) de l'arbre (visée haut), puis, d'autre part, le collet de l'arbre (visée bas) ; - La hauteur de l'arbre a ensuite été calculée en appliquant la formule : $h = \frac{(\text{Visée haut} - \text{visée bas})L}{100} \quad (1)$ |

De plus, trois quadrats de 10 m * 10 m ont été installés diagonalement dans chaque placeau de 0,25 ha (figure 2) pour déterminer la densité de régénération des espèces inventoriées en considérant trois classes de régénération (Feeley *et al.*, 2007 et Yêhouéno Tessi, 2012) : classe des plantules composée d'individus ayant un dbh < 1 cm ; classe des juvéniles composée d'individus de dbh compris entre 1 cm et 5 cm ; classe des jeunes perches composée d'individus ayant un dbh compris entre 5 cm et 10 cm.

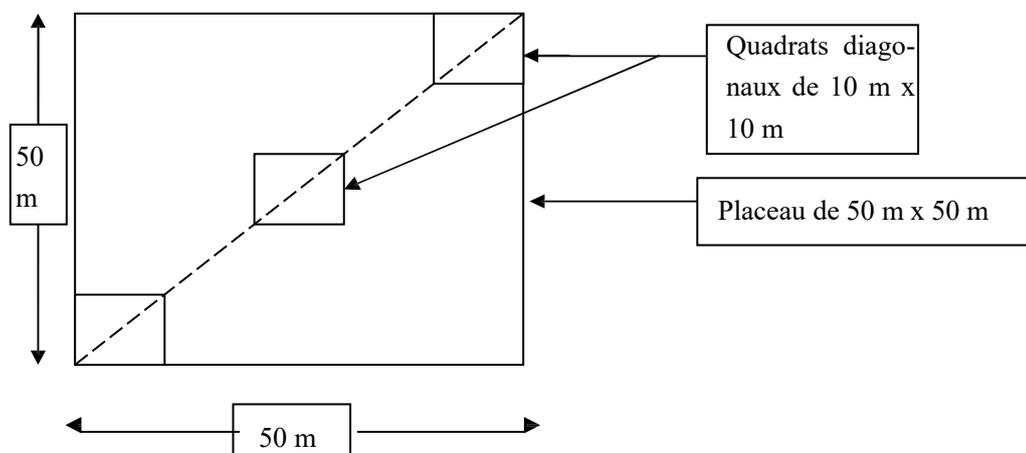


Figure 2 : Dispositif d'échantillonnage mis en place pour l'étude de la régénération de *P. kotschy* / Sampling device set up for the study of *P. kotschy* regeneration

2.3.3. Calcul des paramètres dendrométriques des peuplements de *P. kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou

Après la collecte des données, les paramètres dendrométriques suivants ont été calculés : le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne ou diamètre moyen quadratique (Dg), la surface terrière (G), la densité de peuplement (N), la hauteur moyenne de Lorey (H_L) et la contribution spécifique en surface terrière (Cs).

Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg, cm) est le diamètre moyen quadratique des arbres du plateau (Van Laar & Akc 2007). Elle est exprimée par la formule (2) :

$$Dg = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (2)$$

avec d_i le diamètre en cm de l'arbre i du plateau considéré et n le nombre d'arbres dans le plateau.

La surface terrière (G) est la somme des surfaces des sections transversales des troncs de tous les arbres du plateau prises par convention à 1,30 m du sol et exprimée en m² / ha. Elle est calculée par la formule (3) :

$$G = \frac{\pi}{400000s} \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (3)$$

avec G, la surface terrière des arbres du plateau, d_i le diamètre à hauteur d'homme de l'arbre i du plateau considéré et s , la superficie du plateau.

La densité notée N correspond au nombre moyen d'arbres sur pied ramenés à l'hectare, exprimé en tiges / hectare et calculé par la formule (4) :

$$N = \frac{n}{s} \quad (4)$$

La hauteur moyenne de Lorey est la hauteur moyenne des arbres, pondérée par leur surface terrière. Elle s'exprime en mètres (Philip, 2002) et elle est obtenue à partir de la relation (5) :

$$H_L = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad (5)$$

Avec $g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$: surface terrière (en m²/ha) ; h_i hauteur de

l'arbre i .

La contribution spécifique en surface terrière (Cs) calculée pour *P. kotschy* exprime la part de *P. kotschy* dans la surface terrière de l'ensemble des arbres du plateau. Elle est calculée suivant la formule (6) :

$$Cs = \frac{100G_p}{G} \quad (6)$$

Avec G_p : surface terrière des arbres de *P. kotschy*, G : surface terrière de l'ensemble des arbres du plateau.

2.3.4. Analyse statistique des données dendrométriques

La moyenne et l'écart type des cinq paramètres dendrométriques (diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne, surface terrière, densité de peuplement, hauteur moyenne de Lorey, densité de régénération) ont été déterminés pour l'ensemble des espèces inventoriées. De plus, la moyenne et l'écart de la contribution en surface terrière de *Pseudocedrela kotschy* ont été déterminés. La normalité et l'égalité de variance ont été vérifiées grâce respectivement aux tests de Shapiro-Wilk et de Levene. Ensuite, ces paramètres dendrométriques ont été soumis au test d'Analyse de la Variance (ANOVA) afin de comparer les formations végétales explorées. Lorsque les conditions d'application (normalité et/ou homogénéité des variances) ne sont pas respectées pour un paramètre, le test de Kruskal Wallis a été réalisé. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R.

2.3.5. Structure en diamètre des individus de *Pseudocedrela kotschy* identifiés dans les différentes formations

La structure en diamètre des individus de *Pseudocedrela kotschy* identifiés dans les différentes formations a été établie pour l'ensemble des espèces inventoriées dans les différentes formations végétales ainsi que pour les pieds de *P. kotschy* inventoriés. Ainsi, toutes les espèces végétales inventoriées dans les différentes formations végétales d'une part, et uniquement les pieds de *Pseudocedrela kotschy* d'autre part, ont été répartis par classe de diamètre d'amplitude 5 cm. Des histogrammes de fréquence, représentant respectivement les structures en diamètre, ont été établis à partir des densités d'arbre par classe de diamètre grâce au tableur Excel. Pour mieux expliquer chaque structure en diamètre établie, le coefficient d'asymétrie de Fisher a été calculé à l'aide du logiciel R. Si le coefficient d'asymétrie est nul, la répartition de l'échantillon ou de la distribution est symétrique autour de la moyenne. Si le coefficient d'asymétrie est négatif, la distribution est étalée à gauche (asymétrie droite) et s'il est positif, la distribution est étalée à droite (asymétrie gauche).

2.3.6. Calcul des paramètres de diversité des peuplements de *P. kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou

La diversité floristique de chaque formation végétale a été estimée grâce à la détermination de la richesse spécifique, de l'indice de diversité de Shannon et de l'indice d'équitabilité de Pielou.

La richesse spécifique (S) est le nombre d'espèces d'arbres recensés dans une formation végétale.

L'indice de diversité de Shannon (Shannon, 1948), aussi appelé indice de Shannon-Weaver ou Shannon-Wiener, est dérivé de la théorie de

l'information (H, en bits). Il a été calculé en utilisant la formule (7) :

$$H = - \sum_{i=1}^b \frac{n_i}{n} \log_2 \frac{n_i}{n}, \quad (7)$$

n_i étant le nombre de pieds de l'espèce d'arbre i , n le nombre total d'arbres inventoriés sur un plateau et b le nombre d'espèces recensées dans le plateau considéré. C'est un indice qui rend compte de l'organisation des espèces et des individus au sein d'une formation végétale. Les valeurs de cet indice sont comprises entre 0 et 5. Une formation végétale est dite peu diversifiée quand la valeur de H est proche de 0 et relativement diversifiée quand la valeur de H est comprise entre 3 et 4,5 bits.

L'indice d'équitabilité de Pielou (Eq) mesure le degré de diversité d'une formation végétale comparée avec le maximum possible. L'indice d'équitabilité de Pielou (Eq) s'exprime à l'aide de la formule (8) :

$$Eq = \frac{H}{H_{\max}} \quad (8),$$

avec $H_{\max} = \log_2 S$, S étant le nombre total d'espèces, H_{\max} l'indice de diversité maximale théorique de Shannon lié au peuplement. Les valeurs de « Eq » sont comprises entre 0 et 1. Lorsque « Eq » est compris entre 0,7 et 0,9, toutes les espèces sont bien représentées au sein des individus (Marcon, 2010). Lorsque Eq inférieur à 0,6, il y a une espèce dominante ou il s'agit d'une communauté peu diversifiée. « Eq », est dit maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et minimal quand un petit groupe d'espèces domine tout le peuplement.

2.3.7. Calcul des paramètres de répartition spatiale des peuplements de *P. kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou

Le calcul de l'indice de Blackman (Blackman, 1942) et de l'indice de Green (1966) a permis de déterminer la répartition spatiale des pieds de *Pseudocedrela kotschy* dans les différentes formations végétales.

L'indice de Blackman (IB) a pour formule (9) :

$$IB = \frac{\delta^2}{\mu} \quad (9),$$

avec μ et δ^2 respectivement moyenne et variance de la densité de l'espèce. Il permet d'apprécier la distribution des arbres d'une espèce donnée au sein d'un groupement végétal donné (Jayaram, 1999). Son interprétation se fait par rapport à l'unité. En effet, si $IB < 1$, la distribution est dite régulière (ou uniforme). Si $IB = 1$, la distribution est dite poissonnière (ou aléatoire) et si $IB > 1$, la distribution est agrégée (ou en bouquets).

L'indice de Green (IG) est une version améliorée de l'indice de Blackman. Son avantage est qu'il peut être utilisé pour comparer des échantillons de populations dont le nombre total d'individus, la moyenne et le

nombre d'unités d'échantillonnage varient. Sa formule est (10) :

$$IG = \frac{\left(\frac{\delta^2}{\mu}\right)^{-1}}{n-1} = \frac{IB-1}{n-1} \quad (10)$$

avec IB, indice de dispersion de Blackman, δ et μ respectivement écart type et moyenne de la densité de *P. kotschy* dans la formation végétale et n le nombre d'échantillons. IG varie de -1 à 1. Si $IG < 0$, la répartition est qualifiée de régulière. Si $IG = 0$, la répartition est dite aléatoire et si $IG > 0$, la répartition est agrégative.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques dendrométriques de l'ensemble des espèces des formations végétales inventoriées

Les formations végétales étudiées sont : la forêt galerie, la savane et la forêt dense. Dans ces formations végétales, les arbres ont une densité moyenne qui varie de 134,00 à 359,20 arbres / ha. La surface terrière moyenne des arbres varie de 6,11 à 15,86 m² / ha. Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne et la hauteur moyenne de Lorey varient respectivement de 18,93 à 36,57 cm et de 10,27 à 27,04 m. Les tests ANOVA effectués sur les valeurs moyennes de ces paramètres dendrométriques, montrent une différence hautement significative au seuil de 5 % ($p < 0,05$) (Tableau 2).

3.2. Caractéristiques dendrométriques de la population de *Pseudocedrela kotschy* dans les différentes formations végétales qui l'abritent

En plus, des paramètres calculés pour l'ensemble des espèces des formations, la contribution en surface terrière a été calculée pour *Pseudocedrela kotschy*. Le tableau 3 présente les résultats des différents calculs et des tests d'analyse de variance simple effectués pour comparer les populations de *Pseudocedrela kotschy* des différentes formations étudiées.

Entre les formations végétales qui abritent *Pseudocedrela kotschy*, il existe une différence significative à 5 % ($p = 0,0493$, $p < 0,05$) seulement pour la contribution en surface terrière (Tableau 3). Cependant, l'ensemble de ces paramètres dendrométriques ont leur plus grande valeur dans la forêt galerie.

3.3. Régénération de *Pseudocedrela kotschy* dans les différentes formations

Les différentes formations végétales qui abritent la population de *Pseudocedrela kotschy* ne présentent aucune différence significative à 5 % pour la régénération de l'espèce (Tableau 4). La première catégorie (plantules) de cette régénération est présente dans toutes les formations qui abritent l'espèce, la deuxième (juvéniles)

est présente seulement dans la forêt galerie et la dernière catégorie (jeunes perches) est absente dans toutes les formations abritant l'espèce.

3.4. Structure en diamètre des individus de *Pseudocedrela kotschy* identifiés dans les différentes formations

La structure en diamètre des populations de *Pseudocedrela kotschy* a été déterminée seulement dans la forêt galerie (Figure 3). L'espèce n'existe pas dans la forêt dense et un seul pied de l'espèce ayant un diamètre supérieur ou égale à 10 cm a été inventorié dans la

savane malgré que ce soit la formation où le plus de placeaux a été installé (16 sur 23 placeaux).

Dans la forêt galerie, le coefficient d'asymétrie calculé pour la structure en diamètre de la population de *Pseudocedrela kotschy* est égal à 0,2378605. Il est donc positif et exprime que la distribution est étalée à droite avec une asymétrie gauche et une prédominance des individus de la première classe (10 - 15 cm) et un effectif réduit des individus de gros diamètre (semenciers).

Tableau 2 : Caractéristiques dendrométriques de l'ensemble des espèces inventoriées dans les différentes formations végétales / Dendrometric characteristics of all species inventoried in the different plant formations

| Paramètres dendrométriques | Savane | | Forêt galerie | | Forêt dense | | Probabilités |
|--|----------|------------|---------------|------------|-------------|------------|--------------|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type | |
| Densité (N, tiges/ha) | 224,75 b | 77,51 | 359,20 a | 73,06 | 134,00 b | 36,76 | 0,0021** |
| Surface terrière (G, m ² /ha) | 6,11b | 1,76 | 15,86a | 3,41 | 12,81ab | 0,24 | 0,0009*** |
| Diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg, cm) | 18,93b | 1,99 | 23,80a | 2,17 | 36,57a | 6,22 | 0,0018** |
| Hauteur moyenne de Lorey (HL, m) | 10,27b | 1,12 | 20,10a | 4,24 | 27,04a | 1,11 | 0,0008*** |

NB : Au niveau de chaque variable, les moyennes suivies de lettres différentes sont soit hautement significatives (**), soit très hautement significatives (***) au seuil de probabilité de 5 % / At the level of each variable, the averages followed by different letters are either highly significantly different (**), or very highly significant (***) at the 5 % probability level.

Tableau 3 : Caractéristiques dendrométriques des pieds de *Pseudocedrela kotschy* inventoriés dans les différentes formations végétales / Dendrometric characteristics of *Pseudocedrela kotschy* plants inventoried in the different plant formations

| Formations végétales | Paramètres dendrométriques | | | | |
|----------------------|----------------------------|--|--|----------------------------------|--|
| | Densité (N, tiges/ha) | Surface terrière (G, m ² /ha) | Diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg, cm) | Hauteur moyenne de Lorey (HL, m) | Contribution en surface terrière (Cs en %) |
| Savane | 0,2500a (1) | 0,0100a (0,04) | 1,4130a (5,6528) | 0,8438a (3,375) | 0,1896a (0,7583) |
| Forêt galerie | 22,400a (39,8598) | 0,7224a (1,1653) | 8,8210a (12,1929) | 7,5170a (10,3055) | 5,3190b (8,3157) |
| Probabilités | 0,0576ns | 0,0576ns | 0,0779ns | 0,0576ns | 0,0493* |

NB : Selon l'analyse de variance simple réalisée en utilisant le test de Newman-Keuls, mêmes lettres dans la même colonne = pas de différence (ns) entre les formations ; dissemblance dans le cas contraire (*). Les chiffres entre parenthèses sont les écart-types. / According to the simple variance analysis done using the Newman-Keuls test, the same letters in the same column = no difference (ns) between the formations; dissimilarity in the opposite case (*); numbers in parentheses are standard deviations.

Tableau 4 : Régénération de *Pseudocedrela kotschy* au sein des formations végétales / Regeneration of *Pseudocedrela kotschy* in plant formations

| Types de forêt | Classes de diamètre | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|------------|-------------------------------|------------|--------------------------------|------------|---------------------|------------|
| | Plants de dbh < 10 mm | | Plants de 10 mm < dbh < 50 mm | | Plants de 50 mm < dbh < 100 mm | | Ensemble des plants | |
| | Densité | Ecart-type | Densité | Ecart-type | Densité | Ecart-type | Densité | Ecart-type |
| Forêt galerie | 113,20a | 155,47 | 33,20a | 74,23 | 0 | 0 | 48,8a | 68,6 |
| Savane | 346,90a | 757,95 | 0a | 0 | 0 | 0 | 115,62a | 252,65 |
| Probabilité | 0,8766ns | | 0,0935ns | | 0ns | | 0,6766ns | |

NB : Au niveau de chaque variable, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (ns). / At the level of each variable, the averages followed by the same letters are not significantly different (ns).

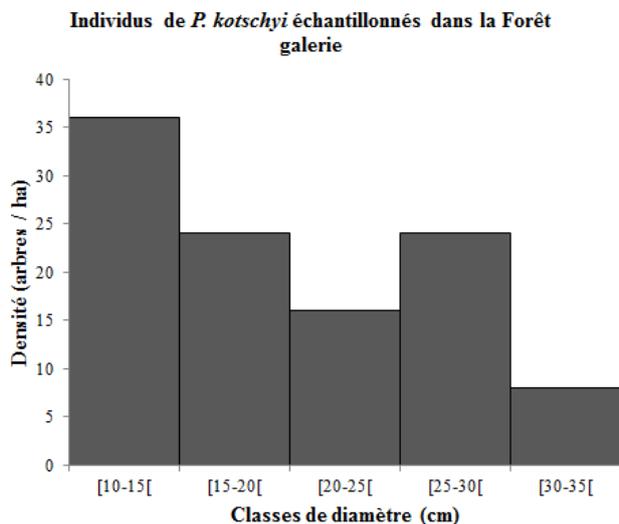


Figure 3 : Structure en diamètre des individus de *Pseudocedrela kotschy* échantillonnés dans la forêt galerie / Diameter structure of *Pseudocedrela kotschy* individuals sampled in gallery forest

3.5. Caractéristiques floristiques des formations étudiées

La richesse spécifique des formations étudiées se présente comme suit : 44 espèces dans la forêt galerie, 42 espèces dans la savane et 17 espèces dans la forêt dense. Ce résultat montre une meilleure richesse spécifique de la forêt galerie par rapport aux deux autres formations.

Le tableau 5 présente les différents paramètres floristiques calculés par formation. Il ressort de ce tableau que toutes les formations végétales de la forêt sont relativement diversifiées et toutes les espèces de chacune de ces formations végétales sont bien représentées au sein des individus.

3.6. Répartition spatiale de *Pseudocedrela kotschy* dans les différentes formations

La répartition spatiale de *Pseudocedrela kotschy* dans les différentes formations a été déterminée grâce

au calcul des indices de Blackman (IB) et de Green (IG) qui ont été calculés en tenant compte de l'ensemble des individus de l'espèce, échantillonnés dans ces formations. Dans la savane, un seul pied de l'espèce ayant un diamètre supérieur ou égale à 10 cm a été identifié rendant impossible les calculs de ces indices dans cette formation. Quant à la forêt dense, aucun pied de l'espèce n'a été retrouvé. Donc, la répartition spatiale de *Pseudocedrela kotschy* déterminée dans le cadre de cette étude, concerne celle de la forêt galerie. Le calcul de ces indices dans la forêt galerie donne 39,38 pour l'indice de Blackman et 0,373 pour l'indice de Green. Ces deux valeurs respectivement supérieures à 1 et à 0 permettent de déduire que *Pseudocedrela kotschy* a une distribution agrégative ou en bouquets. Donc l'espèce a une répartition agrégative dans les forêts galeries de la forêt classée de Pénésoulou.

Tableau 5 : Caractéristiques floristiques des formations étudiées (Indices de diversité de Shannon et d'Equitabilité de Pielou et probabilités issues d'ANOVA) / Floristic characteristics of the studied formations (Shannon diversity indices and Pielou equitability indices and ANOVA probabilities)

| Paramètres | Savanes | | Forêt galerie | | Forêt dense | | Probabilités |
|-----------------------------|---------|--------|---------------|--------|-------------|--------|--------------|
| | Moyenne | CV (%) | Moyenne | CV (%) | Moyenne | CV (%) | |
| Indice de Shannon (H, bits) | 3,31ab | 11,74 | 3,78 a | 5,40 | 2,92 b | 0,26 | 0,0113* |
| Equitabilité de Pielou (Eq) | 0,85 a | 7,94 | 0,87 a | 4,33 | 0,82a | 9,88 | 0,6450ns |

NB : Au niveau de chaque variable, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (*) au seuil de probabilité de 5 % tandis que les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (ns) / For each variable, the averages followed by different letters are significantly different (*) at the 5 % probability level, while the averages followed by the same letters are not significantly different (ns).

4. Discussion

4.1. Caractéristiques dendrométriques, régénération naturelle et structure en diamètre de *Pseudocedrela kotschy*

De tous les paramètres dendrométriques de *P. kotschy* déterminés, seulement la contribution spécifique de l'espèce varie en fonction des formations végétales ($p < 0,05$). Pour le reste des paramètres, les meilleures valeurs ont été enregistrées dans la forêt galerie. Pourtant, la savane est considérée comme propice à l'espèce (Shahina, 1989). Cette contradiction notée s'explique par les faits comme : (1) le passage régulier et incontrôlé des feux de brousse au sein de cette catégorie de formation, (2) le surpâturage avec la présence permanente des éleveurs et de leurs bêtes dans ladite formation du fait de l'aspect plus ouvert et donc facile d'accès avec comme conséquence la destruction permanente des espèces et enfin (3) le stress hydrique contribuant à l'entretien des individus de l'espèce dans la forêt galerie par rapport à la savane. Dossa *et al.* (2021) tout en avançant des causes similaires à celles de la présente étude ont aussi noté la dangerosité des dégradations (pression anthropique plus concentrée en savane) particulièrement causés aux espèces de la savane au sein de la forêt classée de Pénésoulou. Ces faits corroborent avec les observations réalisées sur le terrain où seulement la forêt galerie contient encore les gros individus de l'espèce. En général, les individus de *P. kotschy* font partie des espèces particulièrement menacées au sein de la forêt classée de Pénésoulou. Sokpon *et al.*, l'ont annoncé depuis 2006. De plus, les valeurs enregistrées par Assédé *et al.* (2012), comparativement élevées dans la réserve de biosphère de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin pour la même espèce soutiennent nos résultats.

Le maintien d'une espèce dans une forêt, ainsi que la réussite de sa gestion sylvicole peuvent être évalués par le succès de sa régénération (Geldenhuis *et al.*, 2010). L'évaluation de la régénération de *Pseudocedrela kotschy* a été faite en considérant les trois classes de régénération d'après Feeley *et al.* (2007) c'est-à-dire les plantules ($dbh < 10$ mm), les juvéniles ($10 \text{ mm} \leq dbh < 50$ mm) et les jeunes perches ($50 \text{ mm} \leq dbh < 100$ mm). Seules les plantules de l'espèce étaient présentes dans la savane alors qu'en plus des plantules, les juvéniles étaient aussi présents dans la forêt galerie. Dans la savane, le passage régulier et incontrôlé des feux de brousse ajouté à la présence permanente des éleveurs avec leurs bêtes maintiennent les individus de certaines espèces dont *P. kotschy* à l'état de plantule. Cela pose alors un problème de succession des classes de régénération dans cette formation qu'il faut à tout prix résoudre pour la survie de l'espèce. Car ces genres de problèmes pourraient mener à l'extinction des espèces en cause, surtout s'il s'agit notamment d'espèces sciaphiles comme *P. kotschy* (Feeley *et al.*, 2007).

L'absence totale des jeunes perches de l'espèce dans la forêt galerie montre la particularité des menaces qui pèsent sur les individus de l'espèce et qu'il faille vite agir quant à la survie de l'espèce dans cette forêt.

La structure en diamètre déterminée pour la population de *Pseudocedrela kotschy* est caractérisée par une fréquence élevée de jeunes individus dans les petites classes de diamètre et une diminution progressive des individus au fur et à mesure que le diamètre devient grand (Pascal, 2003 ; Glèlè Kakai *et al.*, 2010 ; Dossou *et al.*, 2012). Une telle structure a été décrite par Geldenhuis (2010) comme étant la juxtaposition d'un certain nombre de courbe en cloche formée à partir des événements de régénération individuel et régulier pour les espèces adaptées à leurs conditions stationnelles. Les tiges de petits diamètres assurent l'avenir de la forêt (Feeley *et al.*, 2007). Mais pour plusieurs auteurs (Hitimana *et al.*, 2004 ; Yêhouéno-Tessi *et al.*, 2011 ; Dossou *et al.*, 2012), la présence d'individus de faible diamètre ne saurait être interprétée comme un bon état de conservation spécifique de peuplement ligneux de la forêt. Selon ces mêmes auteurs, la situation est à nuancer au niveau des différentes populations d'espèces constituant le groupement du fait de la pression particulière qui pèse sur certaines espèces. Cette remarque semble être justifiée puisque les structures en diamètre de la population de *P. kotschy* dans ces différentes formations sont irrégulières, avec la rareté voire l'absence de certaines classes de diamètre, preuve des régénérations par vagues irrégulières. Les espèces fidèles à ce type de distribution en forêt naturelle sont dites déstructurantes car menacées de disparition dans les peuplements (Sokpon *et al.*, 2006 ; Yêhouéno-Tessi *et al.*, 2011). Cette structure correspond bien à nos observations de terrain et semble indiquer qu'il n'y a pas eu de recrutement important de nouveaux arbres depuis plusieurs années. Ces résultats corroborent ceux de Sokpon *et al.* (2006) qui avait constaté que *P. kotschy* présentent des probabilités de régénération très faibles.

4.2. Diversité floristique des formations végétales, mode de répartition spatiale de *Pseudocedrela kotschy* et mesures préconisées pour une gestion durable

Il a été noté une différence de diversité floristique entre les formations végétales qui composent la forêt classée de Pénésoulou avec la plus forte diversité enregistrée dans la forêt galerie et la plus faible diversité floristique enregistrée au sein de la forêt dense. Cette différence peut s'expliquer d'une part par la sensibilité des espèces au stress hydrique reconnu comme étant un facteur important de répartition des espèces (Houknpèvi *et al.*, 2011) et d'autre part par le gradient d'éléments nutritifs des habitats forestiers (Russo *et al.*, 2008 ; Houknpèvi *et al.*, 2011). Par rapport à la forêt classée de Pénésoulou, un autre phénomène pouvant expliquer cette différence de diversité floristique entre

les formations végétales est la représentativité des différentes formations végétales au sein de cette formation forestière. En effet, la forêt dense est très peu représentée au sein de la forêt classée de Pénésoulou à cause surtout des pressions anthropiques (feux de brousse, coupes frauduleuses, coupes de fourrage ligneux par les Peulhs, etc.) sur les espèces de cette formation végétale. Donc, les espèces végétales exclusivement liées à ce milieu de vie (forêt dense) sont contraintes ainsi à long terme à la disparition.

La répartition spatiale d'une espèce est un indicateur important de sa biologie et mérite d'être étudiée plus en profondeur. En effet, son examen plus approfondie demande l'utilisation d'autres indices qui font intervenir des échelles de distance des observations et même des connaissances sur le mécanisme de dispersion des semences et des considérations sur les habitats de préférence des espèces (Nishimura *et al.*, 2008, Comita *et al.*, 2007 et Condit *et al.*, 2000).

Les indices de Blackman et de Green utilisés ici pour déterminer la répartition spatiale de *Pseudocedrela kotschy* ont donné respectivement 39,38 et 0,37, qui sont respectivement supérieurs à 1 et 0. Ces valeurs obtenues montrent que les individus de *Pseudocedrela kotschy* ont une répartition fortement agrégative dans cette forêt étudiée. Une telle répartition peut être expliquée par une faible dispersion des graines de cette espèce. Une répartition similaire de cette espèce a été déterminée par Assédé *et al.* (2012), Paré *et al.* (2009) et Andrew & Oteng-Amoako (2006), respectivement dans la réserve de biosphère de la Pendjari, (Nord-Ouest Bénin) dans les forêts sèches soudaniennes du Burkina Faso et le long des forêts galeries du Ghana.

Pour éviter la disparition de *Pseudocedrela kotschy* dans cette forêt, l'enrichissement des formations végétales de cette forêt en cette espèce devra être fait, et des placeaux permanents devront être installés pour fournir des informations sur la dynamique de *Pseudocedrela kotschy* au sein de la forêt classée de Pénésoulou et par ricochet permettre la mise en place de stratégies pour sa gestion durable. La gestion des ressources naturelles est l'une des préoccupations majeures de nos jours (Holou & Sinsin 2002). Mais face à une population démunie dont l'essentiel des ressources provient de la forêt, il est souvent délicat de manipuler le couple conservation de la biodiversité/utilisation durable des ressources lorsque la dynamique de cette richesse n'est pas maîtrisée.

A l'instar d'autres forêts de la région de cette étude, la forêt classée de Pénésoulou est soumise à une forte pression anthropique (Natta *et al.*, 2011 et Sokpon *et al.*, 2006). Cette pression anthropique dans la forêt classée de Pénésoulou s'explique par le surpâturage, l'exploitation abusive des espèces par les populations riveraines, les feux de brousse incontrôlés. En effet, le surpâturage dans cette forêt se caractérise par la présence permanente des éleveurs peulhs avec leurs bêtes qui, à

la recherche de fourrage, perturbent dangereusement la régénération des espèces. Aussi, ces éleveurs, à leur passage, coupent les jeunes pieds des espèces appréciées par leurs bêtes mais qui se trouvent être hors de la portée de ces dernières. Au nombre des espèces objet de ce mode d'utilisation, il y a *P. kotschy*. La pression provenant de la population riveraine se caractérisait par des coupes illicites et anarchiques de bois de la forêt destiné à l'exportation ou à l'utilisation locale, l'usage des espèces pour les besoins alimentaire et médicinal. *P. kotschy* est l'une de ces espèces les plus visées par ces populations dans le cadre de cette forme d'utilisation des espèces de la forêt classée de Pénésoulou. Cela devient plus dangereux pour l'espèce, lorsque les populations lors de la coupe du bois ou du prélèvement des organes de l'espèce ; ne se soucient pas de sa survie. C'est ainsi que par exemple, ces populations peuvent couper toutes les feuilles d'un individu d'espèce ou pire déraciner l'individu entier même s'il semble être le seul pied retrouvé dans la zone. C'est aussi ce qui a été constaté sur le terrain par rapport aux menaces sur les individus de *P. kotschy* dans la forêt classée de Pénésoulou.

Vu les résultats du présent travail, la réussite de la conservation de *P. kotschy* au sein de la forêt classée de Pénésoulou pour une gestion durable passera entre autres par : (1) la réglementation des feux de brousse, (2) la sensibilisation des populations riveraines sur les conséquences de leur mauvaise gestion en terme de prélèvement ou de coupe des organes des espèces à eux importantes et / ou du respect des réglementations forestières par rapport aux feux de brousse, (3) la limitation d'accès à la forêt aux éleveurs et leurs bêtes. Mis à part ces réglementations d'ordre général, il faudra envisager l'enrichissement de la forêt en *P. kotschy* suivies des opérations sylvicoles adéquates dont, par exemple, le fauchage raisonné du sous-bois, le déliantage, le desserrement des peuplements en surdensité... pour favoriser la pénétration de la lumière dans le sous-bois.

5. Conclusion

Le présent travail a permis de découvrir l'état de l'ensemble des espèces végétales de la forêt classée de Pénésoulou en général et celui de *Pseudocedrela kotschy* en particulier. La diversité floristique et la répartition des espèces ont été meilleures dans la forêt galerie et les faibles valeurs de ces paramètres sont dans la forêt dense. La structure en diamètre des espèces des différentes formations a été dominée par des individus de la régénération au détriment des individus de gros diamètre. La pérennisation de ces différentes formations est ainsi assurée. Ceci n'est pas le cas pour *Pseudocedrela kotschy* compte tenu de la forte menace qui pèse sur les gros individus (semenciers) par lesquels l'espèce se régénère.

Les différents résultats de cette étude doivent être affinés par d'autres études complémentaires dans cette forêt pour permettre d'asseoir de meilleures stratégies de conservation et de gestion durable de l'ensemble des espèces en général et des pieds de *Pseudocedrela kotschy* en particulier. Et pour faciliter l'étude de la dynamique des populations d'espèces de cette forêt, il faut y installer des placeaux permanents et mettre en place de stratégies efficaces devant permettre la maîtrise des feux de brousse.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

| Rôles | Noms des auteurs |
|-------------------------------|---|
| Conception de l'étude | Ibrahim TRAORE MOUSSILIMI et Jean Cossi GANGLO |
| Collecte des données | Ibrahim TRAORE MOUSSILIMI |
| Analyse des données | Ibrahim TRAORE MOUSSILIMI, Kourouma KOURA, Jean Cossi GANGLO |
| Méthodologie | Ibrahim TRAORE MOUSSILIMI, Kourouma KOURA, Augustin K. N. AOUJJI, Jaures Alain GBETOHO, Gaston S. AKOUEHOU, Jean Cossi GANGLO |
| Rédaction manuscrit initial | Ibrahim TRAORE MOUSSILIMI, Kourouma KOURA, Augustin K. N. AOUJJI, Jaures Alain GBETOHO, Gaston S. AKOUEHOU, Jean Cossi GANGLO |
| Révision et édition manuscrit | Ibrahim TRAORE MOUSSILIMI, Kourouma KOURA, Jean Cossi GANGLO |

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Adame S. M., Tenté B. A. H. & Gbibigaye M. 2020. Caractérisation de la dynamique actuelle des formations végétales de la forêt classée de Pénésoulou (Commune de Bassila, Nord Bénin). *International Journal of Progressive Sciences and technologies (IJPSAT)*. 21(1) :272-285.

Adomou C. 2010. Aperçu sur la flore du Bénin. In Sinsin B. & Kampmann D. (eds) *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest*, Tome 1: Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main. Pp 144-150.

Adjanooun E., Adjakidje V., Ahyi M. R. A., Ake Assi L., Akoegninou A., D'Almeida J. *et al.* 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République populaire du Bénin. Agence de Coopération Culturelle et Technique (A.C.C.T.), Paris, 895 p. A partir de la banque de données PHARMEL2 (réf.HP10). (http://www.ethnopharmacologia.org/recherche-dans-prelude/?plant_id=589)

Andrew A. & Oteng-Amoako D. 2006. 100 Tropical African Timber Trees from Ghana. Dept of Publishing Studies, KNUST, Kumasi. 9988-7943-4-7. (<http://www.houtdatabase.nl/pdf/100%20Tropical%20African%20Timber%20Trees%20from%20Ghana%20>) (Oteng-Amoako, %202006).pdf)

Akpona J. D. T., Assogbadjo A. E., Fandohan A. B. & Kakai G. R. 2017. Inventory and multicriteria approach to identify priority commercial timber species for conservation in Bénin. *Bois et forêts des tropiques*. N°333(3) : 5-16.

Assédé E. P. S., Adomou A. C. & Sinsin B. 2012. Relationship between stand regime and population structure of *Pseudocedrela kotschy* (Meliaceae) and *Terminalia macroptera* (Combretaceae) in the Biosphere Reserve of Pendjari (Benin, West Africa). *International Journal of Biodiversity and Conservation*.4(12):427-438. (<http://www.academicjournals.org/IJBC>)

Assogbadjo A. E., Djagoun S. C. A. M., Akpona J. D. & Gnonlonfon I. 2016. Rapport sur l'état de la préservation de la biodiversité et corrélation biodiversité et pauvreté au Bénin. MAEP, SGM, INRAB, CENTRE DE RECHERCHES AGRICOLES SUD-BENIN/NIAOULI. 94 p.

Assogbadjo A. E., Gouwakinnou N. G., Djagoun C. S., Akpona J. D., Salako V., Idohou R., *et al.* 2014. Cinquième Rapport National sur la Mise en Œuvre de la Convention sur la Diversité Biologique au Bénin. (DGFRN). 109 p.

Avakoudjo J. & Assouan M. 1997. Rapport de fin de travaux de description et de parcellisation des unités d'aménagement de la forêt classée de Pénésoulou, Bénin, 36 p.

Blackman G. E. 1942. Statistical and Ecological Studies in the Distribution of Species in Plant Communities: I. Dispersion as a Factor in the Study of Changes in Plant Populations. *Ann. Bot.*, 6(2): 351-370.

Boyom F. F., Fotio D., Zollo P. H. A., Agnani H., Menut C. & Bessiere J. M. 2004. Aromatic plants of tropical central Africa. Part XLIV. Volatile components from *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms growing in Cameroon. *Flav. Fragr. J.* 19:9-11

Comita S. L., Condit R. & Hubbell S. P. 2007. Developmental changes in habitat associations of tropical trees. *Journal of Ecology*, 95, 482-492. (<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2745.2007.01229.x>)

- Condit R., Ashton P., S., Baker P., Bunyavechewin S., Gunatilleke S., Gunatilleke N. & Hubbell S. P. 2000. Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species, *Sciences*, Vol. 288:1414-1417.
(<https://www.researchgate.net/publication/124901055>)
- DGFRN 2010. Rapport d'activités 2010. 63 p.
- Dossa O. S. N. L., Adomou A. C., Dossou G. H. & Amagnide Y. G. G. A. 2021. Diversité floristique et structure des formations végétales de la forêt Classée de Pénésoulou (Bénin, Afrique de l'Ouest). *International Journal of Innovation and Scientific Research*. 54 : 77-89.
- Dossou M. E., Lougbégnon O. T., Houessou G. L., Téka S. O. & Tenté A. H. B. 2012. Caractérisation phytocéologique et structurale des groupements végétaux de la forêt marécageuse d'Agonvè et de ses milieux connexes au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 53: 3821 – 3830
- FAO. 2010. Evaluation des Ressources Forestières Mondiales. Etude F A O: Forêt (163). 377 p.
(<http://www.fao.org/3/i1757f/i1757f.pdf>)
- Feeley K. J., Davies J. S., Noor N. S., Rahman K. A. & Tan S. 2007. Do current stem size distributions predict future populations changes? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 191-198.
(<https://pdfs.semanticscholar.org/e073/74b1042ce0eb70ccd8d732fc4791cb327d23.pdf>)
- Geldenhuis C. J. 2010. Managing forest complexity through application of disturbance-recovery knowledge in development of silvicultural systems and ecological rehabilitation in natural forest systems in Africa. *Journal forest research*, 15:3-13.
- Green R. H. 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Res. Pop. Ecol.*, 8:1-7.
- Hincourt D. 1992. Carte pédagogique et sa notice explicative Bassila, Bénin. 51 p.
- Hitimana J., Kiyiapi J. L. & Njunge T. J. 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, western Kenya. Department of Forestry, Moi University, Eldoret, Kenya.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112704001495?via%3Dihub>)
- Houngpèvi A., Yévidé A. S. I., Ganglo J. C., Devineau J.-L., Azontonde A. H., Adjakidjè V. Agbossou E. K. & De Foucault B. 2011. Structure et écologie de la forêt à *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A.DC. et à *Dialium guineense* Willd. de la réserve de Massi (La Lama), Bénin. *Bois et Forêt des Tropiques*. N°308(2): 33-46.
- Holou S. & Sinsin B. 2002. Embroussaillage des pâturages artificiels et naturels pâturés par des bovins en zone guinéenne au Bénin. *Annales des Sciences agronomiques du Bénin*, (3) 1 : 40-66.
- Jayaram K. C. 1999. The freshwater fishes of the Indian region. Narendra Publishing House, Delhi-110006, India. 551 p.
- Loupe D., Oteng-Amoako A. A. & Brink M. 2008. Plant resources of tropical Africa. Ed. CTA. Wageningen, Germany, p. 705
- Marcon E. 2010. Mesures de la biodiversité. 37 p.
(<https://www.ecofog.gf/fr/enseignement/fth2010/Cours/4-Biodiversite/Mesures%20de%20la%20biodiversite%20C3%A9.pdf>)
- Natta A. K., Yédomonhan H., Zoumarou-Wallis N., Houndehin J., Éwédjè E. B. K. & Glèlè Kakaï R. L. 2011. Typologie et Structure des Populations Naturelles de *Pentadesma butyracea* dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*. 15(2):137-152.
(<https://www.researchgate.net/publication/233799830>)
- Nishimura S., Yoneda T., Fujii S., Mukhtar E. & Kanzaki M. 2008. Spatial patterns and habitat associations of Fagaceae in a hill dipterocarp forest in Ulu Gadut, West Sumatra. *Journal of Tropical Ecology*. 24: 535-550.
(<https://scholar.google.co.id/citations?user=N70BGtIAAAAJ&hl=id>)
- Pare S., Patrice S., Muluale T., Per Christer O. & Jean M. O. 2009. Regeneration and spatial distribution of seedling populations in Sudanian dry forests in relation to conservation status and human pressure. *Tropical Ecology* 50 (2): 339-353.
(http://tropecol.com/pdf/open/PDF_50_2/J-14.pdf)
- Philip M. S. 2002. Measuring trees and forests. Second Edition. Wallingford, Royaume-Uni, CAB International, 311 p.
- Pascal J-P. 2003. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. *Revue For. Fr. LV - numéro spécial*, 118-130.
- Russo S. E., Brown P., Tan S. & Davies S. J. 2008. Interspecific demographic trade-offs and soil-related habitat associations of tree species along resource gradients. *Journal of Ecology*, 96: 192-203.
- Shannon C. E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*. Vol. 27, pp. 379-423, 623-656.
(http://www.math.harvard.edu/~ctm/home/text/ot_hers/shannon/entropy/entropy.pdf)
- Shahina G. 1989. Savanna Plants. An Illustrated Guide. Macmillan Publishers Ltd., London, p. 105.
- Sinsin B. & Kampmann D. (eds). 2010 : Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I : Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main.
- Sokpon N., Biaou S. H., Ouinsavi C. & Hunhyet O. 2006. Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération. *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 287(1) :45-57.
(http://bft.cirad.fr/cd/BFT_287_45-57.pdf)
- Traoré M. I. 2017. Caractéristiques structurales, écologiques et ethnobotaniques des populations de *Pseudocedrela kotschy* de la forêt classée de Pénésoulou (Nord-Ouest, Bénin). Mémoire DEA FSA/UAC, 79 p.

Van Laar A. & Akc A. 2007. Forest Mensuration. Springer, Netherlands.
(<http://www2.ca.uky.edu/forestry/for250/Forest%20Mensuration%20book.pdf>)

Yêhouéno Tessi D. R. Akouèhou G. S. & Ganglo J. C. 2012. Caractéristiques structurales et écologiques des populations d'*Antiaris toxicaria* (Pers.) Lesch et de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du Sud-Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(6) : 5056-5067.
(<https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/viewFile/88452/78065>)

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) is displayed in a bold, green, sans-serif font. The letters 'S', 'N', and 'A' are spaced out and are the only text in the logo.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>