



University of Abomey-Calavi

*_*_*_*_*_*_*



Faculty of Agronomic Sciences

*_*_*_*_*_*_*_*

Doctoral school of agronomic sciences

*_*_*_*_*_*_*_*

Structure, spatial pattern and ecology of *Antiaris toxicaria* Lesch. and *Ceiba pentandra* (L) Gaert in Niaouli, Bonou and Pobè forest (South Benin).

Master of Science Thesis

Option: Natural Resources Management

Defended by:

Sunday Berlioz KAKPO

Supervisor:

Professeur Jean Cossi GANGLO

Professor of Forestry

Academic year 2014-2015

CERTIFICATION

Je certifie que le présent travail a été réalisé sous ma supervision par l'Ingénieur **Sunday Berlioz KAKPO** à la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin, pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie, Option Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN).

Superviseur

Professeur Dr. Ir. Cossi Jean GANGLLO

Titulaire en foresterie

Enseignant-Chercheur au Département d'Aménagement
et Gestion de l'environnement de la FSA/UAC

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A ma mère Lydie Gisèle Alakè ALAPINI et mon père Comlan Marcel KAKPO pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction.

REMERCIEMENTS

Je tiens à témoigner ma profonde gratitude au Professeur Dr. Ir. Cossi Jean GANGLO qui a su guider mes pas avec toute la tolérance et la fermeté nécessaires.

Mes remerciements vont également à l'endroit :

- ✓ de tous les Professeurs intervenant en troisième cycle à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi. En particulier, le Professeur Dr. Ir. Brice SINSIN, le Professeur Dr. Ir. Noel FONTON, le Prof. Dr. Ir. Romain GLELE KAKAI, le Prof. Dr. Ir. Achille E. ASSOGBADJO., le Prof. Dr. Ir. Marcel HOUINATO pour leur remarquable contribution à ma formation ;
- ✓ des collaborateurs du Laboratoire des Sciences Forestières (LSF), en particulier le Dr. Ir. Augustin AOUDJI et les doctorants Jaures GBETOHO et Donald YEHOUENOU-TESSI, pour leur aide;
- ✓ des responsables de la Direction des Forêts et Ressources Naturelles (DFRN), du Centre de Recherche Agricole et des Plantes Pérennes (CRA-PP), du Centre de Recherches Agricoles Sud- Bénin pour m'avoir autorisé à effectuer mes recherches dans les forêts dont ils ont la gestion ;
- ✓ de mes collègues de la promotion DEA 2013-2014, particulièrement Gracias AVAKOUDJO et Elvis ZANOUVI pour leur grande amitié ;
- ✓ de mon épouse Rose Eudoxie EGOUNLETY pour son soutien sans cesse renouvelé ;
- ✓ de mes sœurs Oyidola Charmance KAKPO et Oboubé Francine KAKPO qui n'ont cessé de m'encourager à persévérer malgré toutes les difficultés qui ont jalonné le parcours ;

Enfin, je remercie vivement tous ceux que je n'ai pas nommés ici mais qui d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin, ont apporté leur pierre à l'édifice.

RÉSUMÉ

La thématique de notre recherche est d'étudier la structure, l'écologie et la répartition spatiale de *Antiaris toxicaria* et de *Ceiba pentandra* dans les forêts de Niaouli (entre 6°43' et 6°44' latitude nord et 2°07' et 2°08' longitude est), Pobè (entre 6°57' et 6°58' latitude Nord et 2°39' et 2°40' longitudes Est) et Bonou (entre 6°53' et 6°54' latitude Nord et 2°25' et 2°31' longitude Est) situées au Sud du Bénin.

Les données ont été collectées par échantillonnage de type systématique à maille carrée de 100 m X 100 m dans les forêts de Niaouli et Bonou et à maille rectangulaire de 100 m X 200 m dans la forêt de Pobè sur des placeaux carrés de 0,25 ha. Au total 31 placeaux ont été inventoriés à Niaouli, 30 à Pobè et 11 à Bonou. Les paramètres dendrométriques mesurés sont le diamètre à 1,3 m au-dessus du sol et la hauteur totale des arbres. Par ailleurs, la régénération des espèces de valeur a été comptée dans des placettes de 100 m². Quant à la répartition spatiale de *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra*, elle a été étudiée avec la méthode de densité relative de voisinage (Ω).

Les principaux résultats de notre étude indiquent que la densité moyenne, la surface terrière et la hauteur moyenne de Lorey sont significativement différents au seuil de probabilité de 5% entre les forêts, contrairement au diamètre moyen. *Ceiba pentandra*, avec une faible densité dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou (5,29 tiges/ha ; 8,4 tiges/ha ; 3,64 tiges/ha) est menacé de disparition. *Antiaris toxicaria*, bien qu'étant plus représenté que *Ceiba pentandra* a une structure en diamètre irrégulière, notamment dans les forêts de Niaouli et de Pobè. En dehors de Bonou où *Antiaris toxicaria* a une répartition agrégative dans les dix premiers mètres, les deux espèces sont relativement dispersées sur des bandes successives de 10 m sur un rayon maximum de 50 m.

Mots clé : Ecologie, structure en diamètre, répartition spatiale, *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra*, forêt du Sud Bénin.

ABSTRACT

The purpose of this work was to study the structure, ecology and the spatial pattern of *Antiaris toxicaria* and *Ceiba pentandra* in Niaouli (6°43'-6°44'N and 2°07'-2°08'E), Pobè (between 6°57'-6°58'N and 2°39'-2°40'E) and Bonou (6°53'-6°54'N and 2°25'-2°31'E) forests in South Benin.

Data were collected based on systematic sampling. The design was square mesh (100 m X 100 m) in Niaouli and Bonou forests and rectangular mesh (100 m X 200 m) in Pobè forest. The area of sampling square plots is 0.25 ha. So 31 plots were inventoried at Niaouli, 30 at Pobè and 11 Bonou. The diameter (dbh) and tree-height of identified tree species were measured in each plot. The sampling design for study the seedling was square plot of 100 m². The spatial pattern of *Antiaris toxicaria* and *Ceiba pentandra* are examined based on the average density of conspecific trees in circular neighborhoods around (relative neighborhood density).

Results showed global mean density, basal mean area and Lorey height mean were statistically different in contrast to diameter mean. *Ceiba pentandra* has a low density in Niaouli, Pobè and Bonou forests (5.29 trees / ha; 8.4 trees / ha; 3.64 trees / ha) with extinction threat. *Antiaris toxicaria*, most represented than *Ceiba pentandra* had an irregular diameter structure, especially in Niaouli and Pobè forests. *Antiaris toxicaria* and *Ceiba pentandra* were spaced at some scale on successive bands of 10 m to a maximum radius of 50 m. Except Bonou forest where *Antiaris toxicaria* had an aggregative distribution in the first ten meters.

Keywords: Ecology, diameter structure, spatial pattern, *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra*, South Benin forest.

Table des matières

CERTIFICATION.....	i
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RÉSUMÉ.....	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES PHOTOS.....	x
LISTE DES ANNEXES.....	x
1. Introduction.....	1
1.1. Problématique et justification.....	1
1.2. Objectifs de recherche	2
1.2.1. Objectif général	2
1.2.2. Objectifs spécifiques	2
2. Caractéristiques générales du milieu.....	3
3. Matériel et méthodes.....	5
3.1. Matériel.....	5
3.1.1. Matériel végétal.....	5
3.1.2. Matériel de collecte	7
3.2. Méthodes	7
3.2.1. Comparaison de la diversité des forêts de Niaouli, de Pobè et de Bonou.....	7
3.2.2. Description des caractéristiques structurales des forêts étudiées et des populations de <i>Antiaris toxicaria</i> et de <i>Ceiba pentandra</i>	11
3.2.3. Caractérisation de la répartition spatiale des populations de <i>Antiaris toxicaria</i> et <i>Ceiba pentandra</i> dans les trois forêts.....	11
3.2.4. Mise en évidence des problèmes sylvicoles éventuels des espèces de valeur des trois forêts	12

3.2.5.	Traitements et analyse des données	13
4.	Résultats	15
4.1.	Caractéristiques structurales des forêts et espèces de valeur	15
4.1.1.	Diversité floristique des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou	15
4.1.2.	Caractéristiques structurales des forêts	17
4.1.3.	Caractéristiques structurales de la population de <i>Antiaris toxicaria</i>	19
4.1.4.	Caractéristiques structurales de la population de <i>Ceiba pentandra</i>	21
4.2.	Répartition spatiale des espèces de valeur	23
4.2.1.	Répartition spatiale de <i>Antiaris toxicaria</i>	23
4.2.2.	Répartition spatiale de <i>Ceiba pentandra</i>	24
5.	Discussion	25
5.1.	Diversité floristique des forêts	25
5.2.	Caractéristiques dendrométriques et régénération des forêts étudiées	26
5.3.	Caractéristiques dendrométriques et régénération de <i>A. toxicaria</i> et de <i>C. pentandra</i>	27
5.4.	Structure en diamètre des forêts et espèces étudiées	28
5.5.	Répartition spatiale des espèces de valeur	30
6.	Conclusion et perspectives	31
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	33
	ANNEXES	a

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AGRN : Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles

CRA-PP : Centre de Recherche Agricole et des Plantes Pérennes

dbh: Diameter at breast height

FSA: Faculté des Sciences Agronomiques

GPS: Global Positioning System

Moy : Moyenne

PBF : Projet Bois de Feu

Prob : Probabilité

UAC : Université d'Abomey-Calavi

UICN : Union mondiale pour la Nature

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Diversité floristique des forêts étudiées	15
Tableau 2 : similarités entre forêts selon l'indice de Jaccard	16
Tableau 3 : Paramètres dendrométriques des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou.....	17
Tableau 4 : Densité moyenne de régénération des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou.....	19
Tableau 5 : Paramètres dendrométriques de <i>A. toxicaria</i> dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou	19
Tableau 6 : Densité moyenne de régénération de <i>A. toxicaria</i> dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou	21
Tableau 7 : Paramètres dendrométriques de <i>C. pentandra</i> dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou	21
Tableau 8 : Densité moyenne de régénération de <i>Ceiba pentandra</i> dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou	22
Tableau 9: Proportion des classes de densité relative de voisinage par anneau chez <i>A.</i> <i>toxicaria</i>	23
Tableau 10 : Proportion des classes de densité relative de voisinage par anneau chez <i>C.</i> <i>pentandra</i>	24

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : situation des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou	4
Figure 2 : Carte de distribution des placeaux dans la forêt naturelle de Niaouli	8
Figure 3 : Carte de distribution des placeaux dans la forêt de Pobè	9
Figure 4 : Carte de distribution des placeaux dans la forêt naturelle de Bonou.....	9
Figure 5 : Unité d'inventaire forestier	10
Figure 6 : Dispositif d'étude de la répartition spatiale	12
Figure 7 : Structure en diamètre de la forêt de Niaouli	18
Figure 8 : Structure en diamètre de la forêt de Pobè	18
Figure 9 : Structure en diamètre de la forêt de Bonou	18
Figure 10 : Structure en diamètre de <i>A. toxicaria</i> dans la forêt de Niaouli.....	20
Figure 11: Structure en diamètre de <i>A. toxicaria</i> dans la forêt de Pobè.....	20
Figure 12 : Structure en diamètre de <i>A. toxicaria</i> dans la forêt de Bonou	20
Figure 13 : Structure en diamètre de <i>C. pentandra</i> dans la forêt de Niaouli	22
Figure 14 : Structure en diamètre de <i>C. pentandra</i> dans la forêt de Pobè	22
Figure 15 : Structure en diamètre de <i>C. pentandra</i> dans la forêt de Bonou.....	22

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Plantule de <i>A. toxicaria</i>	6
Photo 2 : Tronc de <i>A. toxicaria</i>	6
Photo 3 : Feuille de <i>C. pentandra</i>	6
Photo 4 : Tronc de <i>C. pentandra</i>	6

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Résultats des tests de comparaison des paramètres de diversité.....	a
Annexe 2 : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques	a
Annexe 3 : Résultats des tests de comparaison des densités de régénération	c

1. Introduction

1.1. Problématique et justification

La forêt est un écosystème complexe et reste un bien commun universel (Kabulu *et al.*, 2008 ; Kakpo, 2013). Elle fournit des biens et services vitaux qui contribuent au bien-être humain (Susanna Kari et Kaisa Korhonen-Kurki, 2013). Ces biens et services sont regroupés sous le vocable de services écosystémiques et sont catégorisés en services de soutien, de régulation, d’approvisionnement et culturels (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Cependant, les pressions qui s’exercent sur les terres forestières et l’exploitation non durable des ressources forestières, causent des impacts négatifs sur les ressources génétiques forestières (Margolis, 2007). Il est alors important de trouver des mécanismes de gestion durable des écosystèmes forestiers. La gestion durable des forêts passe par une meilleure compréhension des aspects écologiques et physiologiques de la végétation (Andriamalala *et al.*, 2010).

En effet, caractériser la structure d’un peuplement revient à caractériser tous ses attributs structuraux : la densité d’arbres (Acker *et al.*, 1998) ; la surface terrière (Spies et Franklin, 1991) ; la richesse des espèces (Munks *et al.*, 1996) ; la structure spatiale (Pélissier et Goreaud, 2001) et la répartition spatiale (Ripley, 1977; Condit *et al.*, 2000).

La répartition spatiale des espèces forestières renseigne sur le mode de dispersion des semences, de l’évolution des plants, de leur survie et mortalité pendant leur cycle de vie (Hutchings, 1997 ; Comita *et al.*, 2007 ; Nishimura *et al.*, 2008). L’étude de la distribution spatiale d’une espèce permet de comprendre sa dynamique, les processus écologiques qui l’influencent, la vie en communauté des espèces, et détermine la reproduction, la dispersion, l’utilisation des ressources et les écartements entre individu (Condit *et al.*, 2000 ; Wiegand *et al.*, 2007).

La structure spatiale d’un écosystème, c’est-à-dire la manière dont sont organisés dans l’espace les individus qui le composent, joue souvent un rôle essentiel dans son fonctionnement (Delvaux, 1981 ; Barot *et al.*, 1999 ; Pascal, 2003 ; Bogaert et Mahamane, 2005). Elle se rapporte à la fois à l’utilisation verticale et horizontale de l’espace par les éléments d’un écosystème (Begon *et al.*, 1996 ; Svensson et Jeglum, 2001). La structure d’une population d’espèce forestière est généralement définie par la distribution diamétrique de ceux-ci (Herrero-Jáuregui *et al.*, 2012). Cette dernière peut être envisagée à deux niveaux : le peuplement arborescent dans son ensemble ou les populations d’espèces. Elles reflètent l’état dynamique du peuplement dans son ensemble, les tempéraments des espèces, les situations

particulières, les préférences écologiques des espèces (Pascal, 2003 ; Collinet, 1997 ; Denslow, 1995 ; Webster *et al.*, 2005 ; Yêhouénou-Tessi *et al.*, 2012 ; Pastorella et Paletto, 2013).

Les recherches sur les caractéristiques structurales et écologiques des forêts sont alors indispensables pour une gestion durable et constituent un préalable à toutes décisions d'aménagement. C'est dans cette logique que s'inscrit notre étude sur les forêts de Niaouli, de Pobè et de Bonou. Le choix de ces trois forêts se justifie par le fait qu'elles occupent toutes trois la même zone agro-écologique (guinéo-congolaise) et qui est une zone de prédilection des espèces de valeur ciblées. Toutefois, les forêts de Bonou et de Pobè jouissent d'une meilleure protection et surveillance qui ont limité les coupes illicites et leur dégradation par les populations riveraines, à l'opposé de la forêt de Niaouli qui est assez dégradée. Le choix de *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra* est lié au fait qu'il s'agit des espèces à usages multiples qui présentent une grande utilité pour les populations du Bénin. Il est donc intéressant d'étudier l'écologie de ces forêts et espèces afin d'en déduire les enseignements nécessaires à leur gestion durable. A cet effet, quatre hypothèses ont guidé nos investigations : la première stipule que la forêt de Bonou est plus diversifiée que les celles de Niaouli et Pobè ; la deuxième présume que les caractéristiques dendrométriques des forêts sont identiques ; la troisième hypothèse prédit que les distributions en diamètre des espèces de valeur révèle des déficits de régénération préjudiciables à leur survie ; enfin la quatrième hypothèse suppose que la répartition spatiale de *Antiaris toxicaria* Lesch. et *Ceiba pentandra* (L) Gaert dans les forêts étudiées est aléatoire.

1.2. Objectifs de recherche

1.2.1. Objectif général

L'objectif général de cette recherche est de contribuer à la gestion durable des forêts reliques du Sud- Bénin.

1.2.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques sont :

- Comparer la diversité des forêts de Niaouli, de Pobè et de Bonou ;
- Décrire les caractéristiques structurales des forêts étudiées et des populations de *Antiaris toxicaria* Lesch. et de *Ceiba pentandra* (L) Gaert ;

- Caractériser la répartition spatiale des populations de *Antiaris toxicaria* Lesch. et *Ceiba pentandra* (L) Gaert dans les trois forêts ;
- Mettre en évidence les problèmes sylvicoles éventuels des espèces de valeur des trois forêts ;

2. Caractéristiques générales du milieu

Notre étude a été réalisée dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou situées au Sud du Bénin (figure 1).

Le complexe forestier de Niaouli est situé dans la commune d'Allada (département de l'atlantique). Sa partie dite de bas-fond couvre une superficie d'environ 44,5 ha et est située à 6°44' latitude nord et 2°07' longitude est et celle dite de plateau couvre une superficie d'environ 75,5 ha et est située à 6°43' latitude nord et 2°08' longitude est (Agbangla, 2011).

La forêt de Pobè couvre une superficie d'environ 115 ha et est située dans la commune de Pobè (département du Plateau), entre les latitudes 6°57' et 6°58' Nord et les longitudes 2°39' et 2°40' Est (Dossa-Gbo, 2013).

La forêt de Bonou couvre une superficie de 197 ha et est couvert sur environ 1/5 de sa superficie de forêt naturelle soit 39,4 ha. Elle est située dans le département de l'ouémé, dans la partie Est de la commune de Bonou entre les latitudes 6°53' et 6°54' nord et les longitudes 2°25' et 2°31' est (Kakpo, 2013).

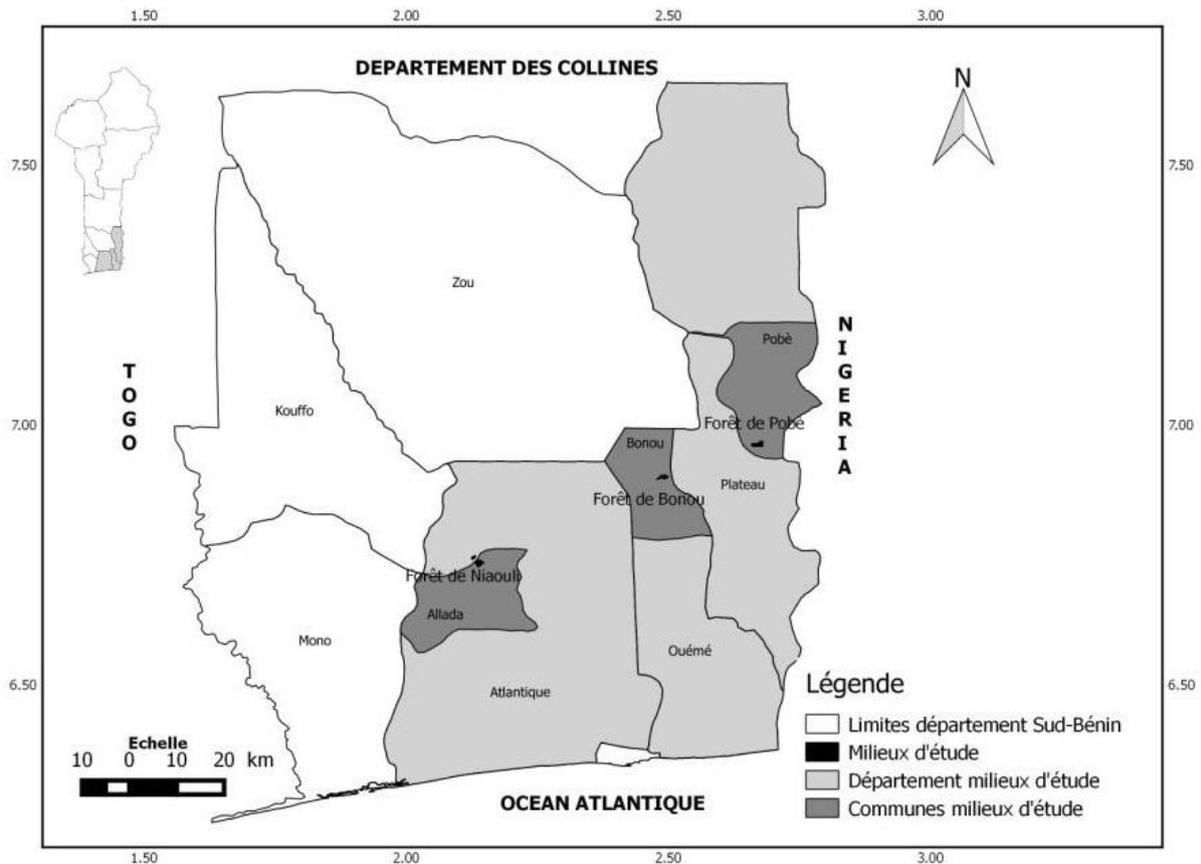


Figure 1: Situation des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou sont soumises à un climat de type guinéen côtier équatorial, humide avec une mousson pluvieuse, caractérisée par deux saisons sèches alternant avec deux saisons pluvieuses. La grande saison des pluies couvre la période de mars à juillet, la petite saison sèche occupe le mois d'août, la petite saison des pluies couvre la période de septembre à octobre et la grande saison sèche couvre la période de décembre à février.

La pluviométrie moyenne annuelle obtenue au cours de la période de 1980 à 2010 dans les régions de Pobè et de Bonou est de 1134 mm (ASECNA 1990 à 2009). A Niaouli, la pluviométrie moyenne annuelle pour la période de 1990 à 2009 est de 1169 mm (ASECNA 1990 à 2009).

La forêt classée de Bonou repose sur un versant. Au bas du versant se trouvent trois bras du cours d'eau « Danto ». Leur présence a favorisé l'installation d'une forêt galerie (Kakpo, 2013). Du point de vue géologique, Niaouli, Pobè et Bonou sont à cheval sur deux formations distinctes. La première, la plus étendue est celle du continental terminal, constituée d'un sédiment meuble argilo-sableux appelé « terre de barre » (Houessou, 1974). La deuxième formation repose sur les matériaux argilo-calcaires et argiles éocènes (Viennot, 1966).

Les forêts étudiées sont des forêts secondaires caractérisées par les principales espèces suivantes : *Dyctiandra arborescens* Welw., *Triplochiton scleroxylon* Welw., *Aidia genipiflora* (DC.) Dandy, *Ceiba pentandra* (DC.) Dandy, *Celtis zenkeri* (DC.) Dandy, *Antiaris toxicaria* Lesch., *Albizia zygia* (DC) J. F. Macbr. etc (Kakpo, 2013 ; Dossa-Gbo, 2013 ; Agbangla, 2011).

Bien que la faune des forêts du sud Bénin soit très menacée par les activités intenses de chasse, on y rencontre tout de même quelques espèces sauvages : *Francolinus bicalcaratus* (Linnaeus), *Gallinula chloropus* (Linnaeus), *Sylvicapra grimmia* (Ogilby) et *Python sebae* (Gmelin), ... (Van den Akker, 2003).

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel

3.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué par les forêts naturelles de Niaouli, de Pobè et Bonou. A l'intérieur de ces forêts, nous nous sommes particulièrement intéressé aux espèces de valeur *Antiaris toxicaria* Lesch.(photo 1 et 2) et *Ceiba pentandra* (L) Gaert (photo 2 et 3). Le choix de ces espèces est lié au fait qu'elles sont fortement prisées par l'industrie du bois pour leur utilisation en tant que bois d'œuvre et de coffrage. Ces espèces possèdent également des vertus médicales.

Antiaris toxicaria communément appelé « faux iroko » et « Gouhò » en fon appartient à l'ordre des Rosales et à la famille des Moraceae (Akouègninou *et al.*, 2006). C'est un arbre caducifolié, monoïque, de taille pouvant atteindre 45 à 60 m de hauteur. *Antiaris toxicaria* est une espèce de forêt dense semi-décidue et de forêt dense sèche et se rencontre à travers les tropiques (Dupuy, 1998). L'espèce se prête bien au placage, à l'ébénisterie, au déroulage pour des contreplaqués, à la fabrication des meubles (Bosu et Krampah, 2005). En Afrique, le latex est appliqué sur les coupures, blessures et maladies de la peau comme l'eczéma et la lèpre.



Photo 2 : Plantule de *A. toxicaria*
Cliché : Kakpo, 2014



Photo 1 : Tronc de *A. toxicaria*
Cliché : Kakpo, 2014

Ceiba pentandra généralement appelé « fromager » et « guédéhunsou » en fon appartient à l'ordre des Malvales et à la famille des Bombacaceae (Akouègninou *et al.*, 2006). Le *Ceiba pentandra* est un arbre imposant, pouvant atteindre 40 à 60 mètres de hauteur (Fournet, 2002). Son tronc lisse est couvert de grosses épines coniques. En Afrique, on retrouve l'espèce en forêt tropicale dense humide, particulièrement dans les formations secondaires (Duvall, 2009 ; Orwa *et al.*, 2009). Il est présent dans les forêts pluviales, et dans les forêts galeries en zones plus sèches (Duvall, 2009). Le bois de *C. pentandra* s'emploie surtout dans la fabrication de contreplaqué, mais également pour fabriquer des cageots et des caisses et en menuiserie légère (Duvall, 2009). En médecine traditionnelle, les feuilles, l'écorce et les racines sont employées dans le traitement de maux de tête, de vertiges, de la constipation, des troubles mentaux, de la fièvre (Ngounou *et al.*, 2000), du diabète et de l'hypertension (Ladeji *et al.*, 2003).



Photo 4 : Feuille de *C. pentandra*
Cliché : Kakpo, 2014



Photo 3 : Tronc de *C. pentandra*
Cliché : Kakpo, 2014

3.1.2. Matériel de collecte

Au cours de cette étude il a été utilisé différents matériels pour la collecte des données dendrométriques et écologiques. Ainsi, le GPS (Global Positioning System) est utilisé pour géoréférencer les placeaux inventoriés. La prise des mesures de diamètre des arbres inventoriés est réalisé avec le mètre ruban π ou ruban de diamètre. Le pentadecamètre nous a permis d'effectuer les différentes mesures de longueur. Le clinomètre et la boussole SUUNTO sont utilisés respectivement pour la mesure des hauteurs des arbres, pour s'orienter en forêt et pour déterminer les azimuts. Pour se frayer un chemin dans la forêt, et pour dégager les alentours des pieds des arbres nous avons utilisé une marchette. Pour herboriser les espèces non identifiées, nous avons prélevé des échantillons d'organes de ces espèces à l'aide d'un sécateur de jardinier et utilisé des papiers journaux pour le séchage et la conservation de ces échantillons. Les éléments jugés importants pour notre étude sont photographiés avec un appareil photo-numérique. Des banderoles et peintures de différentes couleurs nous ont permis de marquer les arbres de bordure et les arbres mesurés. Des fiches d'inventaire, un carnet de note et un stylo sont utilisés pour la prise de note. Les guides de reconnaissance des espèces (guide des adventices, catalogues, etc) nous ont également été utiles pour l'identification les espèces.

3.2. Méthodes

3.2.1. Comparaison de la diversité des forêts de Niaouli, de Pobè et de Bonou

3.2.1.1. Inventaire des forêts

L'échantillonnage de type systématique (Tomasini, 2002) est utilisé pour l'inventaire des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou. Les unités d'échantillonnage sont distribuées de manière uniforme sur la population (selon un maillage régulier). Ce type d'échantillonnage est plus simple à mettre en place que l'échantillonnage aléatoire (Tomasini, 2002). La localisation des placettes est plus rapide, donc moins coûteuse (Rondeux, 1999). Le dispositif d'échantillonnage systématique à Niaouli et Bonou est à maille carrée de 100 m X 100 m soit un point d'inventaire par hectare. Autrement, les placeaux sont posés à chaque 100 m sur des layons parallèles équidistants de 100 m. A Pobè, le dispositif d'échantillonnage est à maille rectangulaire de 100 m x 200 m. Cette maille est utilisée à Pobè pour que puisse couvrir au maximum la superficie de la forêt. Les points de départ du dispositif dans chacune des forêts sont déterminés de façon aléatoire par tirage simple avec remise parmi les points de départs possibles (coins nord-est, nord-ouest, sud-est et sud-ouest). Ainsi, les points de départ du

dispositif sont respectivement dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou, le nord-ouest suivant l'azimut 240°, le sud-est suivant l'azimut 145° et le sud-est suivant l'azimut 145°. Une distance de 50 m est observée de la voie la plus proche pour éviter les effets de bordure. Les unités d'échantillonnage sont des placeaux de dimension 50 m x 50 m soit 0,25 ha. Au sein de chaque placeau, le diamètre et la hauteur des arbres adultes ($dbh \geq 10$ cm) sont mesurés.

Trente et un (31) placeaux ont été installés dans la forêt naturelle de Niaouli (figure 2) soit 6,46% de la superficie de la forêt inventoriée, trente (30) dans la forêt de Pobè (figure 3) soit 6,52% de la superficie de la forêt inventoriée et onze (11) dans la forêt naturelle de Bonou (figure 4) soit 6,98% de la superficie de la forêt inventoriée. Les zones inaccessibles n'ont pas été échantillonnées. Ceci se remarque particulièrement dans la forêt de Niaouli où les zones non couvertes de la forêt de Bas-fond sont des Bas-fond et celles non couverte de la forêt de plateau sont occupées par des pistes d'accès et des champs.

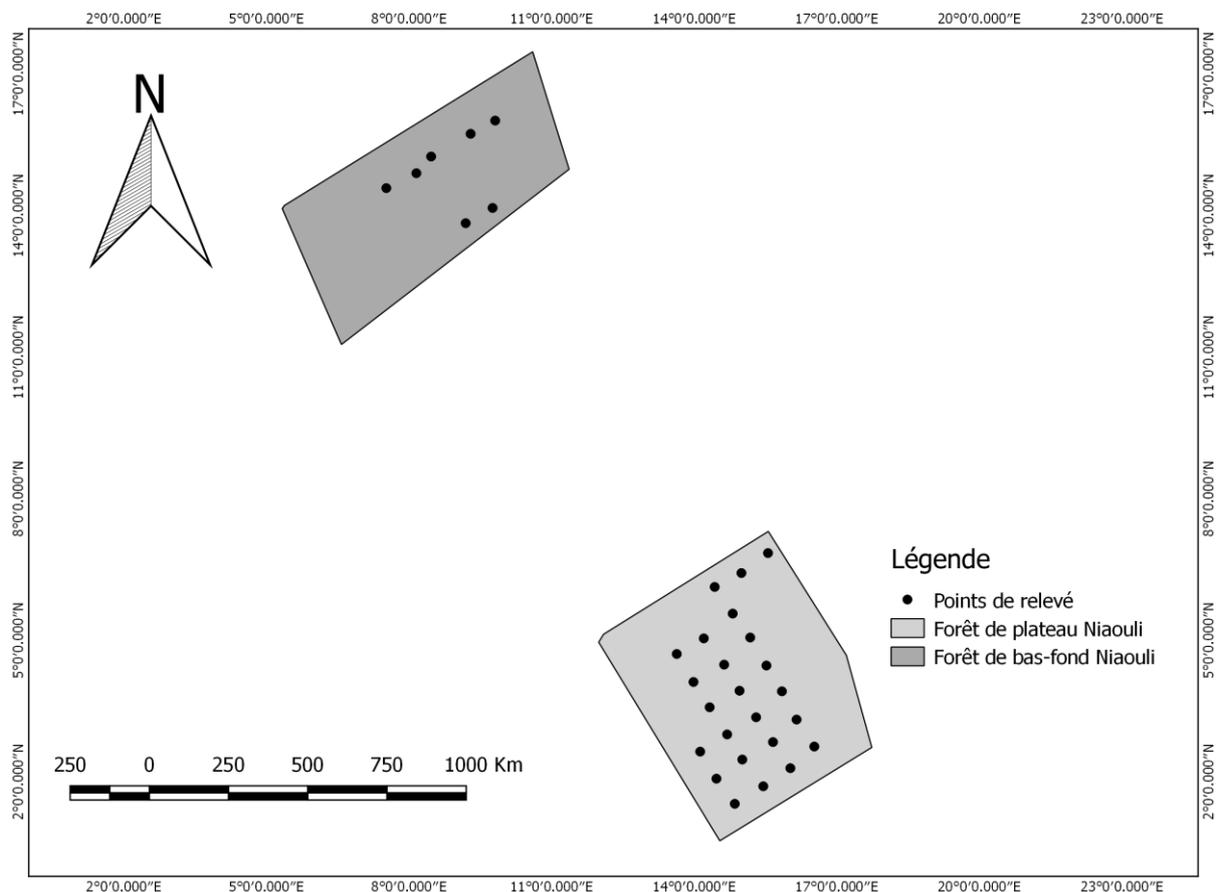


Figure 2 : Carte de distribution des placeaux dans la forêt naturelle de Niaouli

Source : Kakpo, 2015

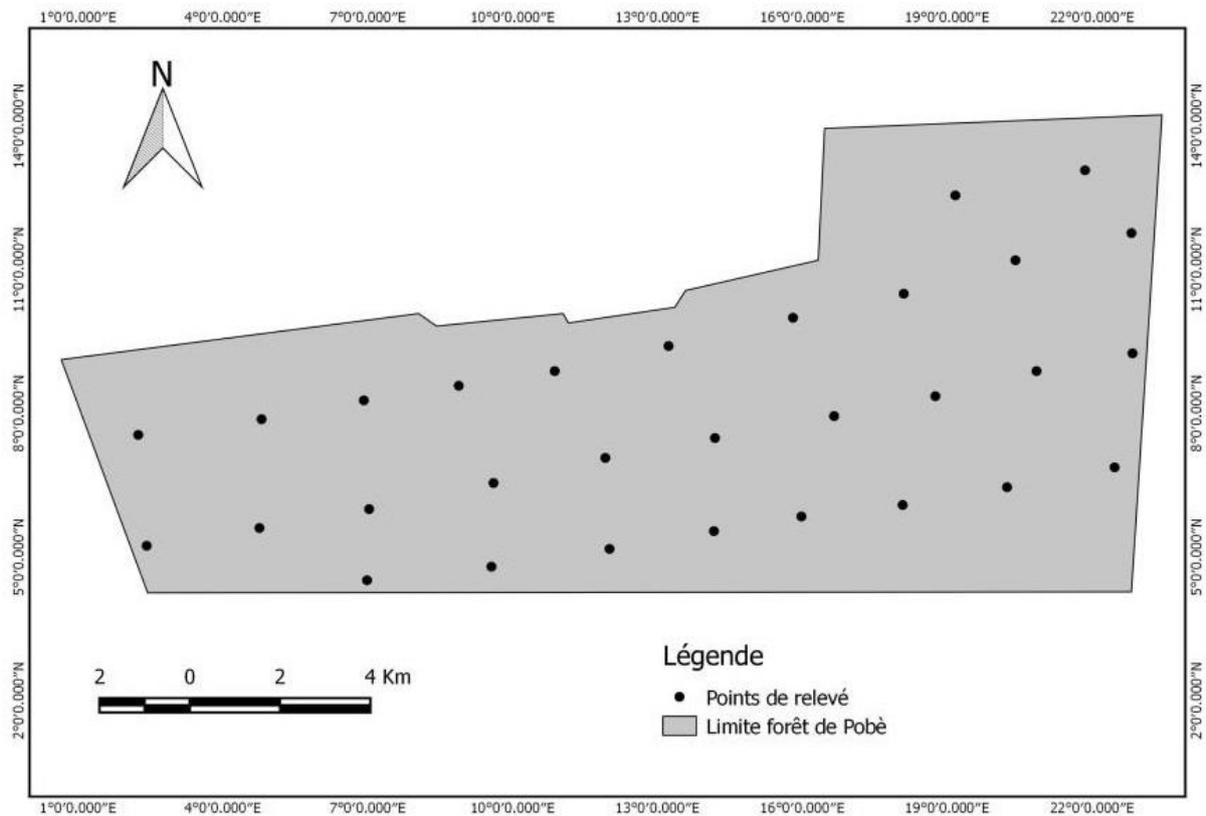


Figure 3 : Carte de distribution des placeaux dans la forêt de Pobè
 Source : Kakpo, 2015

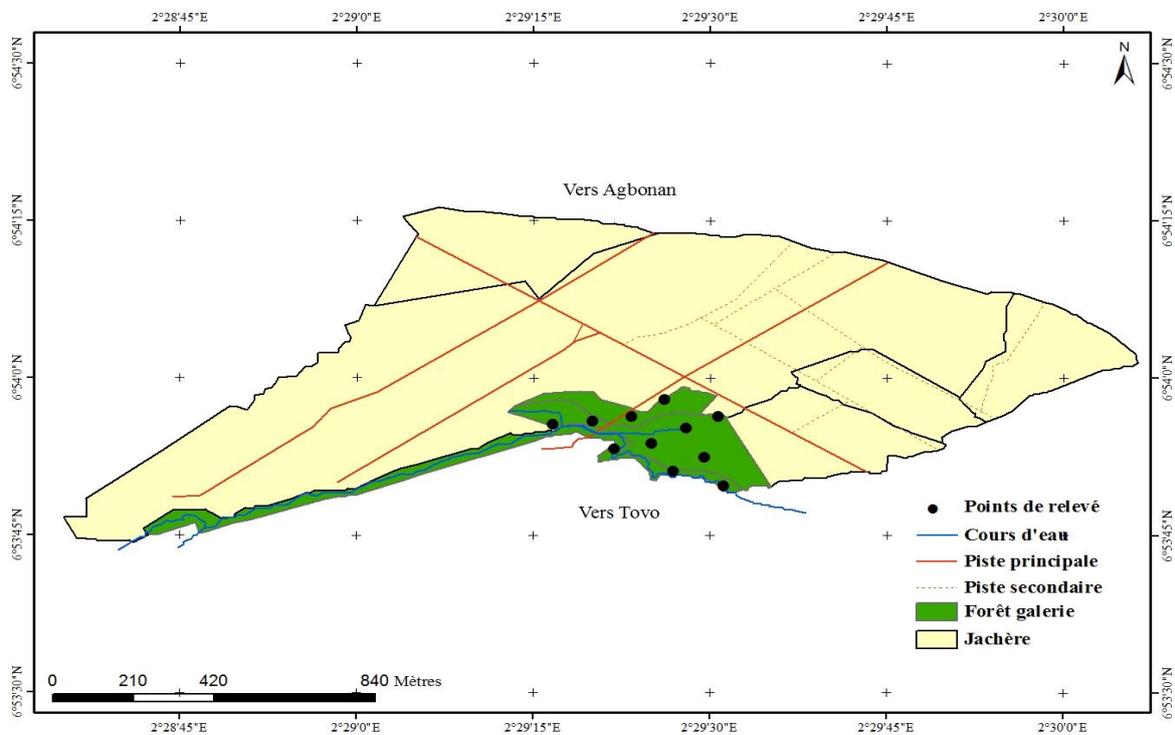


Figure 4 : Carte de distribution des placeaux dans la forêt naturelle de Bonou
 Source : Kakpo, 2013

3.2.1.2. Etude de la régénération

Les mesures des tiges de la régénération ($dbh < 10 \text{ cm}$) permettent d'évaluer le devenir des peuplements forestiers. La régénération est définie par la densité relative de régénération par essence de valeur (en brins de régénération/ha) : c'est le nombre moyen de brins de régénération de l'essence ramené à l'hectare. Les densités de régénération sont calculées par placeau puis extrapolées à l'hectare.

La régénération est étudiée en utilisant un dispositif d'échantillonnage de type aléatoire. Les unités d'échantillonnage sont des quadrats de 10 m de côté disposés sur la diagonale du placeau (50 m x 50 m) (Dessard et Bar-Hen, 2004). Les quadrats contigus répartis géographiquement dans l'unité d'inventaire améliorent les estimations relatives aux régénérations

Ainsi, dans chaque placeau sont installés trois quadrats ou placettes pour étudier la régénération (Figure 5). Un dénombrement de la régénération toutes espèces confondues est réalisé, ce qui nous a permis d'estimer la régénération au niveau des forêts, et d'estimer la régénération au niveau des populations des espèces de valeur étudiées.

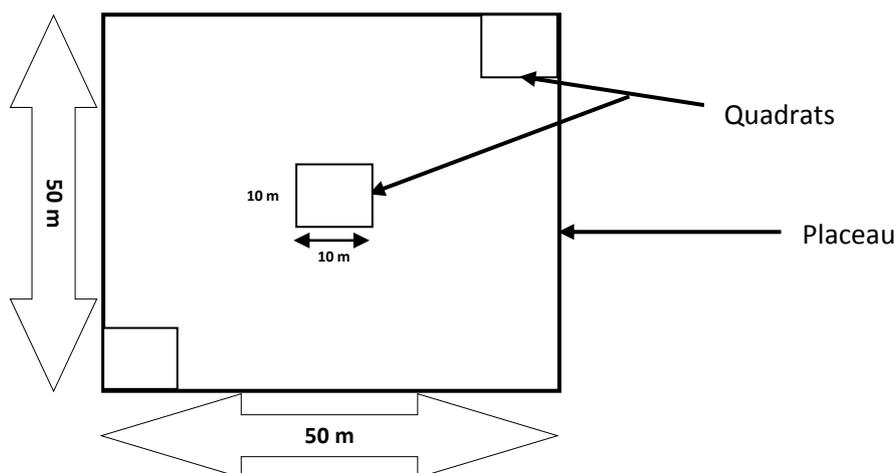


Figure 5 : Unité d'inventaire forestier

Afin d'avoir le taux de survie des jeunes plants à travers les stades de développement de la forêt, trois classes de régénération sont considérées (Yêhouéno-Tessi *et al.* 2012 ; Kakpo, 2013) :

- Classe des plantules: composée d'individus ayant $dbh < 10 \text{ mm}$;
- Classe des juveniles: composée d'individus ayant : $10 \text{ mm} \leq dbh < 50 \text{ mm}$;
- Classe des petites perches: composée d'individus ayant : $50 \text{ mm} \leq dbh < 100 \text{ mm}$.

La densité de régénération est calculée par classe de régénération puis globalement. Ceci a permis de voir à quels stades se situent les jeunes plants et de tirer des conclusions sur

la viabilité ou la fragilité de la régénération des espèces ligneuses à travers les stades évolutifs de la forêt.

3.2.2. Description des caractéristiques structurales des forêts étudiées et des populations de *Antiaris toxicaria* et de *Ceiba pentandra*

3.2.2.1. Méthode d'étude de la distribution en diamètre

L'aménagement des peuplements forestiers nécessite la connaissance de la structure en diamètre des arbres. La connaissance de la distribution par classes de diamètre est indispensable pour renseigner sur l'écologie des espèces, les contraintes sylvicoles éventuelles et l'état de la ressource (Wiegand *et al.*, 2007 ; Herrero-Jáuregui *et al.*, 2012).

La structure en diamètre d'un peuplement décrit l'abondance relative des arbres par classe de diamètre. Pour établir cette structure, tous les arbres sont regroupés en classes de diamètre de 5 cm d'amplitude et des histogrammes sont construits. Notre étude ne s'est intéressée qu'à la structure du peuplement arborescent ($dbh \geq 10$ cm) qui constitue, en quelque sorte, l'ossature de la forêt (Kakpo, 2013 ; Dossa-Gbo, 2013).

3.2.3. Caractérisation de la répartition spatiale des populations de *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra* dans les trois forêts

La répartition spatiale de chaque espèce de valeur (*C. pentandra* et *A. toxicaria*) est décrite en utilisant la densité relative de voisinage (condit *et al.*, 2000). En effet, les individus de diamètre ≥ 1 cm ont été comptés dans un rayon de 10 m, puis sur des bandes (ou anneaux) successives de 10 à 20 m, 20 à 30 m, 30 à 40 m et 40 à 50 m autour de chaque individu de l'espèce considéré (repère de comptage) se trouvant dans un plateau (Figure 6). La surface interne au plateau et occupée par chaque anneau est estimée pour chaque repère de comptage. Selon Condit *et al.* (2000), la densité relative de voisinage est un indice qui n'exprime pas seulement la structure des peuplements ou des populations d'espèces en termes de valeurs moyennes comme c'est le cas des indices de Blakman et de Green, mais elle décrit aussi la structure spatiale suivant des séquences de distance. Cet indice peut être comparé à la fonction K de Ripley mais, n'est pas une fonction cumulative de distance (Condit *et al.*, 2000). Il permet aussi d'avoir des connaissances plus explicites sur la spatialisation et sur des interactions entre les arbres sur des séquences de distances.

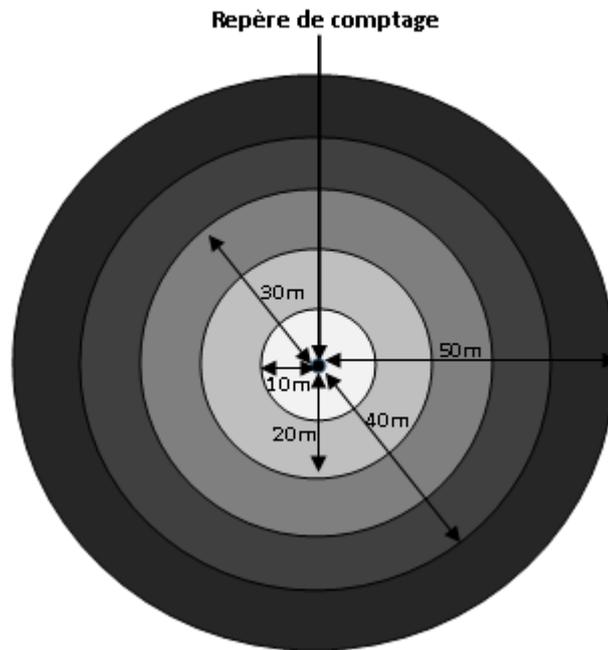


Figure 6 : Dispositif d'étude de la répartition spatiale

$$\Omega_x = \frac{D_x}{D_s} \quad (1) \quad \text{Avec } D_x \text{ la densité spécifique et } D_s \text{ la densité relative } D_x = \frac{\sum N_x}{\sum A_x} \text{ et } D_s = \frac{N_i}{S_p}$$

A_x la surface inventoriée par rapport à l'anneau considéré ;

N_x le nombre d'individu de l'espèce dans l'anneau considéré ;

N_i le nombre d'individu de l'espèce de valeur dans le plateau ;

S_p la surface du plateau.

Selon Condit *et al.* (2000), l'interprétation de la densité relative de voisinage se fait par rapport aux différentes valeurs obtenues. En effet, si

$\Omega_x=1$, la répartition est dite aléatoire

$\Omega_x > 1$, la répartition est dite agrégative

$\Omega_x < 1$; on parle d'hyperdispersion.

3.2.4. Mise en évidence des problèmes sylvicoles éventuels des espèces de valeur des trois forêts

L'étude de la structurale en diamètre, des paramètres dendrométriques et de la répartition spatiale des espèces de valeur permet de relever les problèmes sylvicoles éventuels de ceux-ci. Suite à cela, diverses méthodes sylvicoles (les techniques de régénération naturelle assistée, les techniques d'enrichissement...) sont proposées pour la gestion durable de la forêt et particulièrement des espèces de valeur (Dupuy, 1998).

3.2.5. Traitements et analyse des données

➤ La richesse spécifique

La richesse spécifique est apparemment un indice de diversité extrêmement simple. Notée S , elle est le nombre le nombre d'espèces d'arbres dans une forêt (Millet, 2003).

➤ L'indice de diversité de Shannon -Wiener (H , en bits)

L'indice de Shannon (Shannon, 1948 ; Shannon et Weaver, 1963), aussi appelé indice de Shannon-Weaver ou Shannon-Wiener, est dérivé de la théorie de l'information. Il mesure l'incertitude quant à l'appartenance à une espèce donnée d'un individu pris au hasard dans l'échantillon. Il s'exprime en fonction des proportions de chaque espèce :

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

n_i = nombre d'individus de l'espèce i ;

n = nombre total d'individus inventoriés dans les placeaux.

Cet indice est maximal quand tous les individus sont répartis de façon équitable sur toutes les espèces. Il rend compte de l'organisation des espèces et des individus au sein de la communauté végétale. Très souvent la valeur de H est comprise entre 0 et 5 (normalement la limite supérieure est $\log_2 S$). Si H est proche de 0, la communauté est peu diversifiée et si H est compris entre 3 et 4,5 bits, la communauté est relativement diversifiée (Shannon, 1948).

➤ L'équitabilité de Pielou

La régularité de la distribution des espèces est un élément important de la diversité. Une espèce représentée abondamment ou par un individu n'apporte pas la même contribution à l'écosystème (Ricotta et Avena, 2003 ; Tuomisto, 2012).

$$Eq = \frac{H}{H_{max}} \text{ avec } H_{max} = \log_2 S \quad (2)$$

H_{max} désigne l'indice de diversité maximale théorique de Shannon lié au peuplement. L'indice Eq varie de 0 à 1 ; il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et minimal quand un petit groupe d'espèces domine tout le peuplement. Lorsque « Eq » est compris entre 0,7 et 0,9, toutes les espèces sont bien représentées au sein du peuplement (Lloyd et Ghelardi, 1964 ; Pielou, 1975). Lorsque $Eq < 0,6$, il y a une espèce dominante et les autres le sont moins ou il s'agit d'une communauté peu diversifiée. S est le nombre total d'espèces.

➤ **Indice de diversité de Jaccard ou indice de communauté**

Pour quantifier le degré d'association ou encore le niveau de similitude entre forêts, nous avons fait recours au coefficient (ou indice) de similarité. Il existe plusieurs indices de similitude dont les plus courants et les plus utilisés sont ceux de Jaccard (J) et de Sorensen (Cs). Nous avons retenu l'indice de Jaccard (Jaccard, 1901) qui est la plus simple des expressions mathématiques de la similarité des communautés végétales (Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974). Il se base sur la présence absence des espèces, indépendamment de leur abondance, entre deux sites.

$$J = \frac{a}{a+b+c} \quad (3)$$

Avec a = le nombre d'espèces présentes dans les deux forêts, b et c = les nombres d'espèces absentes d'un des deux forêts

Les indices de diversité ont été calculés à l'aide du logiciel PAST version 3.05 (Hammer *et al.*, 2001)

➤ **La densité du peuplement**

(N, en nombre d'arbres/ha) : il s'agit du nombre moyen d'arbres de dbh ≥ 10 cm sur pied par hectare

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

n étant le nombre total d'arbres par placeau et s la surface en ha du placeau.

➤ **La densité de régénération**

$$N_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (5)$$

y_i étant la densité de régénération dans la placeau i tandis que n est le nombre total de placeau.

➤ **La hauteur moyenne de Lorey (H, en mètre)** est la hauteur moyenne de tous les arbres inventoriés à l'intérieur d'un placeau, pondérée par leur surface terrière (Philip, 1999) :

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad \text{avec} \quad g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2, \quad (6)$$

g_i , h_i et d_i respectivement la surface terrière, la hauteur totale et le diamètre de l'arbre i .

➤ La surface terrière

(G , en m^2/ha) est la somme, ramenée à l'hectare de la surface des sections transversales à hauteur d'homme (1,3 m) de tous les arbres de $dbh \geq 10$ cm, à l'intérieur du placeau ;

$$G = \frac{0,0001\pi}{4s} \sum_{i=1}^n d_i^2, \quad (7)$$

d_i étant le diamètre en centimètre (cm) de l'arbre i du placeau.

Un test d'Analyse de Variance (ANOVA) est effectué sur les indices de diversité (richesse spécifique moyenne, l'indice de diversité de Shannon, l'indice d'équitabilité de Piélou) et les paramètres structuraux (densité moyenne (N), diamètre moyen (Dg), surface terrière (G), hauteur moyenne de Lorey (HL)) à l'aide du logiciel MINITAB version 17. Ceci, afin de comparer les populations de chacune des deux espèces de valeur entre les trois forêts étudiées. A cet effet, les conditions préalables (tests de normalité et d'égalité de variance) sont vérifiées avant le test d'ANOVA. Si l'une de ces conditions n'est pas vérifiée, une transformation de variable (logarithmique népérien) est réalisée. Si les conditions ne sont pas toujours respectées les données sont soumises au test non paramétrique de Kruskal-Wallis.

4. Résultats

4.1. Caractéristiques structurales des forêts et espèces de valeur

4.1.1. Diversité floristique des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Tableau 1 : Diversité floristique des forêts étudiées

Paramètres de diversité	Niaouli	Pobè	Bonou
Nombre moyen d'espèce par relevé	12c	14b	17a
Indice de Shannon	2,96b	3,16a	3,18a
Equitabilité Piélou	0,8b	0,78ab	0,86a

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

On note de la comparaison des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou que le nombre moyen d'espèce et les indices de diversité de Shannon et Piélou varie significativement ($P = 0,000$; $P = 0,000$; $P = 0,045$) (annexe 1). Globalement, la forêt de Bonou est plus riche et plus diversifiée que les autres forêts.

La richesse spécifique en espèce arborescente ($dbh \geq 10$ cm) dans la forêt de Niaouli est de 41 espèces. Les espèces les plus abondantes dans l'ordre décroissant sont : *Cassia sieberiana* DC., *Albizia zygia* (DC) J. F. Macbr., *Pavetta corymbosa* F. N. Williams, *Cola millenii* K. Schum., *Celtis mildbraedii* Engl., *Antiaris toxicaria* Lesch., *Dialium guineense* Wild., ... L'indice de diversité de Shannon (H) dans cette forêt est de 2,96 bits, ce qui traduit une faible diversité spécifique en comparaison à l'indice de diversité maximal théorique de Shannon lié au peuplement étudiée ($H_{max} = \text{Log } S = 5,36$ bits). L'indice d'équitabilité de Piélou (Eq) est égal à 0,8 ce qui signifie que toutes les espèces sont bien représentées au sein du peuplement.

Dans la forêt de Pobè, la richesse spécifique est de 56 espèces. Cité dans l'ordre décroissant, les espèces les plus abondantes dans cette forêt sont : *Rothmannia urcelliformis* (Hiern), *Dialium guineense*, *Cola millenii*, *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., *Trichilia priureana* A. Juss, *Dictyandra arborescens* Welw., *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra* (L) Gaert, ... En comparaison à l'indice de diversité maximal théorique de Shannon ($H_{max} = 5,8$ bits), la diversité spécifique de la forêt de Pobè est relativement élevée ($H = 3,16$ bits). L'indice d'équitabilité de Piélou (Eq) est égal à 0,78 ce qui traduit une représentation plus ou moins équitable des espèces au sein du peuplement.

La forêt de Bonou a une richesse spécifique de 40 espèces. Dans l'ordre décroissant, les espèces les plus abondantes sont : *Dictyandra arborescens*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aidia genipiflora* (DC.) Dandy, *Tabernaemontana pachysiphon* Stapf, *Anthonota macrophila* P.Beauv., *Terminalia superba* Engl. & Diels, *Cola millenii*... En comparaison à l'indice de diversité maximal théorique de Shannon ($H_{max} = 5,32$ bits), la diversité spécifique de la forêt de Bonou est relativement élevée ($H = 3,18$ bits). L'indice d'équitabilité de Piélou (Eq) est égal à 0,86 ce qui traduit une représentation plus ou moins équitable des espèces au sein du peuplement.

Les résultats montrent que, la forêt de Bonou est plus diversifiée que la forêt de Pobè qui est plus diversifiée que la forêt de Niaouli (tableau 1). Ceci confirme la première hypothèse qui stipule que la forêt de Bonou est plus diversifiée que les celles de Niaouli et Pobè.

Tableau 2 : Similarités entre forêts selon l'indice de Jaccard

Forêts	Niaouli	Pobè	Bonou
Niaouli	1	0,23	0,27
Pobè	0,23	1	0,38
Bonou	0,27	0,38	1

Du point de vue de la diversité, la forêt de Bonou est plus similaire à la forêt de Pobè qu'elle ne l'est avec la forêt de Niaouli. Elle se situe toutefois entre les forêts de Pobè et de Niaouli qui ne partagent ensemble que 23 % de similarité (tableau 2).

4.1.2. Caractéristiques structurales des forêts

4.1.2.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Paramètres dendrométriques des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Paramètres dendrométriques	Niaouli	Pobè	Bonou
Densité moyenne (tiges/ha)	274,32ab	237,73b	345,09a
Diamètre moyen (cm)	25,06a	28,48a	24,93a
Surface terrière moyenne (m ² /ha)	17,38b	21,77ab	24,4a
Hauteur moyenne de Lorey (m)	18,59b	22,82a	21,42ab

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Il ressort des résultats que la densité moyenne des arbres sur pied, la surface terrière et la hauteur moyenne de Lorey sont significativement différents entre les forêts au seuil de probabilité de 5% (respectivement $P = 0,008$; $P = 0,015$; $P = 0,000$). La deuxième hypothèse qui affirme que les caractéristiques dendrométriques des forêts sont identiques est alors rejetée. Toutefois le diamètre moyen présente des différences non significatives au seuil de probabilité de 5% ($P = 0,079$) entre les trois forêts (annexe 2a).

4.1.2.2. Structure en diamètre des forêts

On note sur les structures en diamètre des forêts de Niaouli, Bonou et Pobè (figures 7, 8 et 9), une différence entre les classes de diamètre du point de vue de leurs fréquences. Les individus jeunes sont nettement plus fréquents que les individus adultes. Il est rare d'observer plus de 20 arbres à l'hectare pour des diamètres au-delà de 60 cm. Que ce soit dans la forêt de Niaouli, Pobè ou Bonou, les individus de diamètre compris entre 10 cm et 15 cm sont les plus représentés à l'hectare. Les individus de diamètre supérieur à 80 cm sont rares au sein des trois forêts.

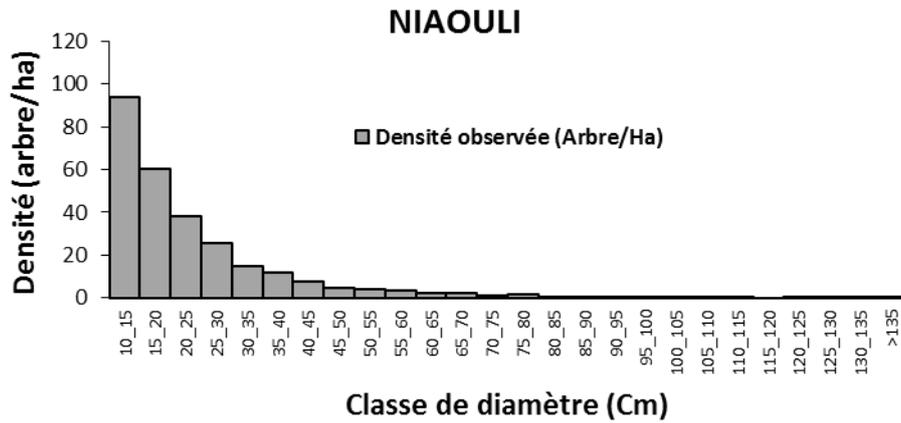


Figure 7 : Structure en diamètre de la forêt de Niaouli

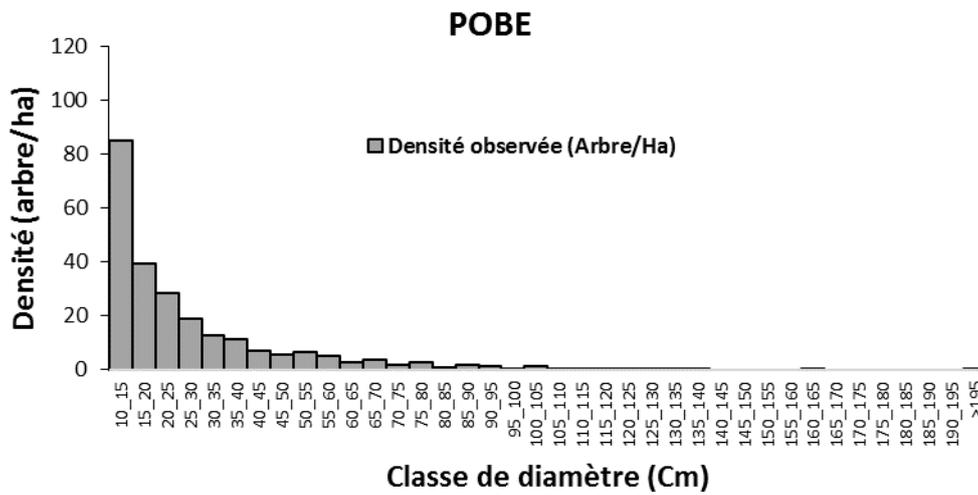


Figure 8 : Structure en diamètre de la forêt de Pobè

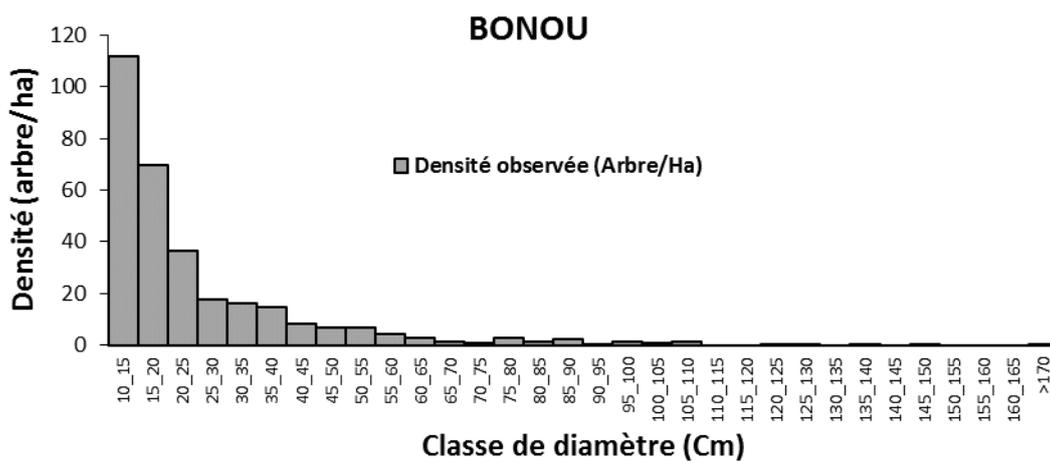


Figure 9 : Structure en diamètre de la forêt de Bonou

4.1.2.3. Régénération des forêts

Le tableau 4 présente la densité moyenne de régénération par classe de régénération et à l'échelle globale des forêts.

Tableau 4 : Densité moyenne de régénération des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Densité moyenne de régénération	Forêts		
	Niaouli	Pobè	Bonou
Plantules (dbh<10 mm)	62,48b	1400a	1233,33a
Juveniles (10 mm ≤ dbh<50 mm)	467,14a	362,22a	654,55a
Petites perches (50 mm ≤ dbh<100 mm)	176,34b	346,67a	118,18b
Globale (tiges/ha)	705,97b	2108,89a	2006,06a

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Il ressort de nos résultats que la densité moyenne de régénération des plantules, petites perches et globale sont significativement différentes entre les forêts au seuil de probabilité de 5% (respectivement $P = 0,000$; $P = 0,000$; $P = 0,000$). Par contre, il n'existe pas une différence significative entre la densité moyenne de régénération des juvéniles ($P = 0,122$) (annexe 3a).

La densité de régénération va décroissant suivant les stades croissants de développement dans les forêts de Pobè et Bonou. Mais dans la forêt de Niaouli on note une densité relativement élevée des juvéniles (467 tiges/ha).

4.1.3. Caractéristiques structurales de la population de *Antiaris toxicaria*

4.1.3.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques de *Antiaris toxicaria* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Paramètres dendrométriques de *A. toxicaria* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Paramètres	Niaouli	Pobè	Bonou
Densité moyenne (tiges/ha)	27,35a	11,87a	10,55a
Diamètre moyen (cm)	32,48b	48,22a	26,47b
Surface terrière moyenne (m ² /ha)	4,89a	3,35ab	1,27b
Hauteur moyenne de Lorey (m)	15,55b	23,71a	10,43b

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

On note que seule la densité moyenne des arbres, ne présente pas de différences significatives ($P = 0,083$) entre les trois forêts (voir en annexe 2b les tests statistiques).

4.1.3.2. Structure en diamètre de *Antiaris toxicaria*

Il ressort de la structure en diamètre de la population de *A. toxicaria* dans la forêt de Niaouli que les individus de classe intermédiaire sont prédominants, avec une classe modale de 35 à 40 cm (figure 10). Dans la forêt de Pobè, l'espèce a une distribution irrégulière suivant les classes de diamètre. Les classes de faibles effectifs (<1) prédominent (figure 11). A Bonou, les classes juvéniles sont les plus représentées. Les sujets dont le diamètre est compris entre 10 cm et 15 cm sont les plus nombreux à l'hectare (figure 12). En dehors de la forêt de Bonou, les structures en diamètre révèle un déficit de densité dans les classes inférieures de diamètre. Ceci n'assure pas l'avenir de la population de *Antiaris* à Niaouli et Pobè. La troisième hypothèse qui stipule que les distributions en diamètre des espèces de valeur révèlent des déficits de régénération préjudiciables à leur survie est de ce fait vérifiée.

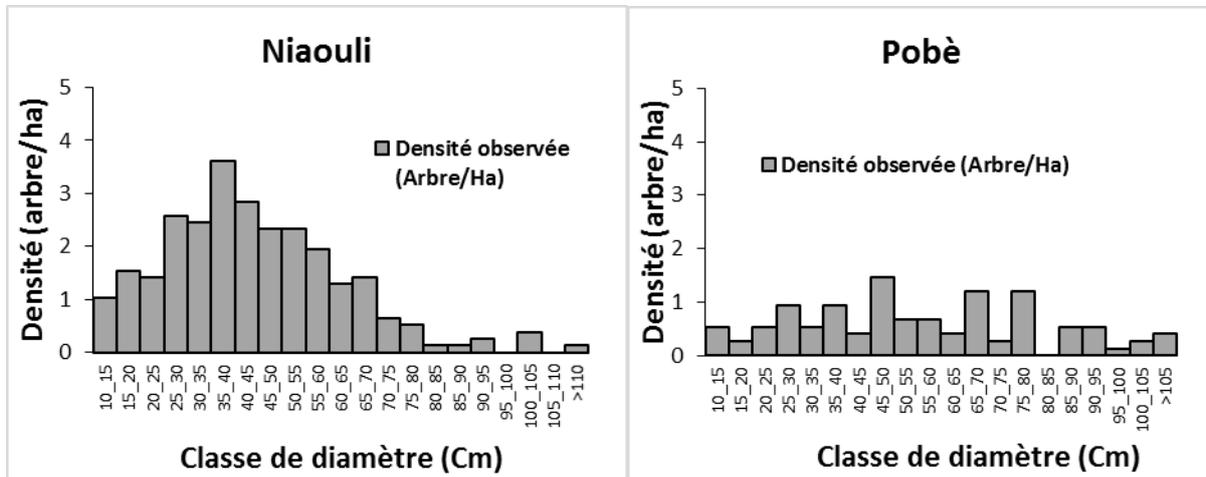


Figure 11 : Structure en diamètre de *A. toxicaria* dans la forêt de Niaouli

Figure 10: Structure en diamètre de *A. toxicaria* dans la forêt de Pobè

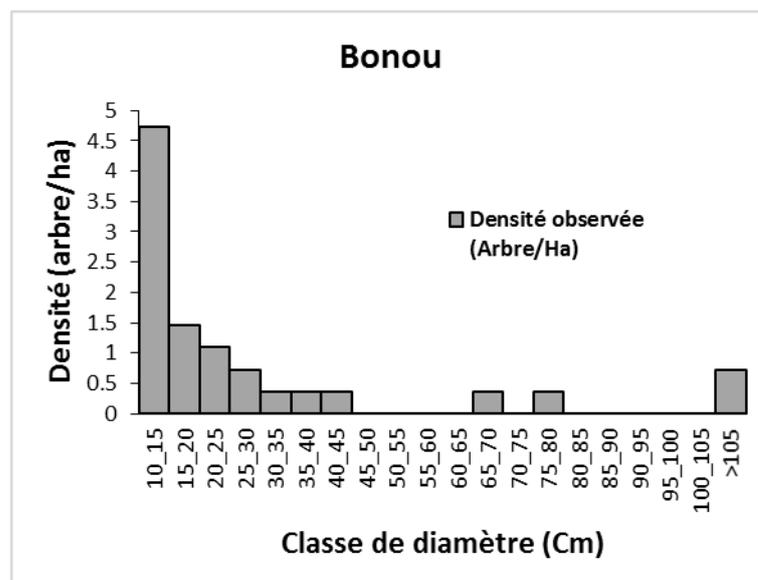


Figure 12 : Structure en diamètre de *A. toxicaria* dans la forêt de Bonou

4.1.3.3. Régénération de *Antiaris toxicaria*

Le tableau 6 présente la densité moyenne de régénération de *A. toxicaria* par classe de régénération et à l'échelle globale des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou.

Tableau 6 : Densité moyenne de régénération de *A. toxicaria* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Densité moyenne de régénération	Forêts		
	Niaouli	Pobè	Bonou
Plantules (dbh<10 mm)	11,83b	152,22a	145,45a
Juveniles (10 mm ≤ dbh<50 mm)	2,15b	40a	33,33a
Petites perches (50mm ≤ dbh<100 mm)	3,23a	4,44a	3,03a
Globale (tiges/ha)	17,20b	196,67a	181,82a

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Il ressort de nos résultats une différence significative de la densité moyenne de régénération des plantules et des juvéniles entre les trois forêts. Quant à la densité de régénération des petites perches, elle présente une différence non significative.

La densité de régénération de *A. toxicaria* va décroissant suivant les stades de développement sauf dans la forêt de Niaouli où on note une légère augmentation de la densité de régénération lorsqu'on passe de la classe juvénile à celle des petites perches.

4.1.4. Caractéristiques structurales de la population de *Ceiba pentandra*

4.1.4.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques de *Ceiba pentandra* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Paramètres dendrométriques de *C. pentandra* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Paramètres	Niaouli	Pobè	Bonou
Densité moyenne (tiges/ha)	5,29ab	8,4a	3,64b
Diamètre moyen (cm)	40,83ab	41,92a	17,77b
Surface terrière moyenne (m ² /ha)	1,3a	2,16a	0,64a
Hauteur moyenne de Lorey (m)	15,38a	17,64a	7,47a

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

On note que la densité moyenne et le diamètre moyen présentent des différences significatives (respectivement $P = 0,027$; $P = 0,040$) contrairement à la surface terrière moyenne et la hauteur moyenne de Lorey (respectivement $P = 0,073$; $P = 0,061$) (annexe 3c).

4.1.4.2. Structure en diamètre de *C. pentandra*

On note des figures 13, 14 et 15 que, quelles que soient les forêts, *Ceiba pentandra* a une distribution irrégulière en fonction des classes de diamètre. Les déficits dans les classes inférieures de diamètre révèlent des problèmes de régénération et de survie de l'espèce en forêt.

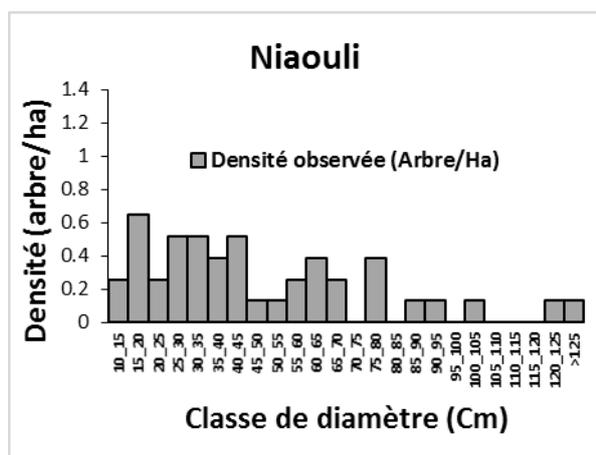


Figure 13 : Structure en diamètre de *C. pentandra* dans la forêt de Niaouli

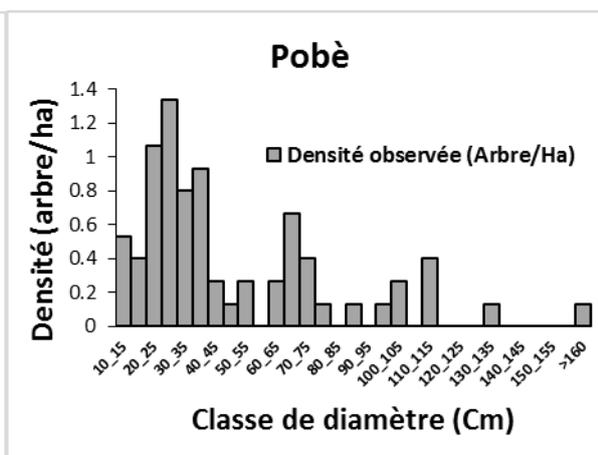


Figure 14 : Structure en diamètre de *C. pentandra* dans la forêt de Pobè

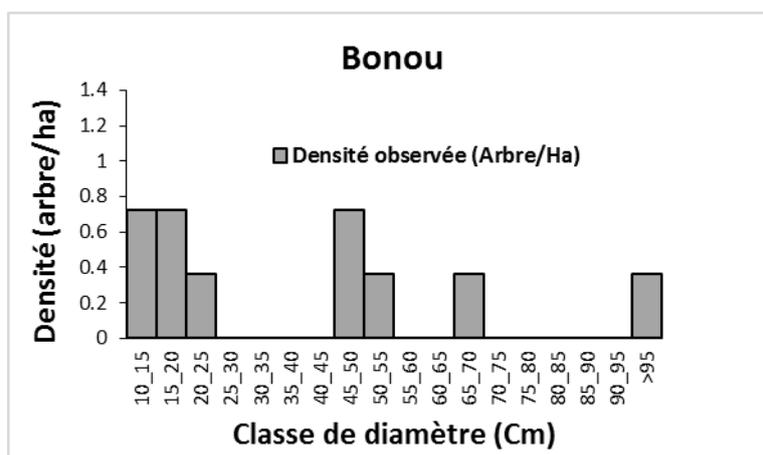


Figure 15 : Structure en diamètre de *C. pentandra* dans la forêt de Bonou

4.1.4.3. Régénération de *C. pentandra*

Le tableau 8 présente la densité moyenne de régénération de *C. pentandra* par classe de régénération et à l'échelle globale des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou.

Tableau 8 : Densité moyenne de régénération de *Ceiba pentandra* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Densité moyenne de régénération	Forêts		
	Niaouli	Pobè	Bonou
Plantules (dbh<10 mm)	0a	0a	0a
Juvéniles (10 mm ≤ dbh<50 mm)	2,15a	0a	0a
Petites perches (50mm ≤ dbh<100 mm)	0a	5,56a	0a
Globale (tiges/ha)	2,15a	5,56a	0a

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Il ressort de nos résultats, qu'il n'existe aucune différence significative au seuil de probabilité de 5% de la densité moyenne de régénération des plantules, des juvéniles et des petites perches.

4.2. Répartition spatiale des espèces de valeur

4.2.1. Répartition spatiale de *Antiaris toxicaria*

Le tableau 9 présente la proportion de chaque classe de densité relative de voisinage (Ω) par rapport au nombre totale de placeaux inventoriés dans chaque forêt suivant les catégories d'anneau.

Tableau 9: Proportion des classes de densité relative de voisinage par anneau chez *A. toxicaria*

Forêts	Valeur de Ω	Anneaux (m)				
		Ω 0-10	Ω 10-20	Ω 20-30	Ω 30-40	Ω 40-50
Niaouli	$\Omega > 1$	29,03	16,13	3,23	0	0
	$\Omega = 1$	0	0	0	0	0
	$\Omega < 1$	70,97	83,87	96,77	100	100
Pobè	$\Omega > 1$	33,33	10	10	10	16,67
	$\Omega = 1$	0	0	0	0	0
	$\Omega < 1$	66,67	90	90	90	83,33
Bonou	$\Omega > 1$	63,64	27,27	27,27	9,09	36,36
	$\Omega = 1$	0	0	0	0	0
	$\Omega < 1$	36,36	72,73	72,73	90,91	63,64

Quel que soit l'anneau, on observe que la densité relative de voisinage de *A. toxicaria* est inférieure à 1 dans la majorité des unités d'échantillonnage; sauf dans la forêt de Bonou où sur un rayon de 10 m autour d'un pied de *A. toxicaria*, la densité relative de voisinage est supérieure à 1 dans 63,64% (soit 6 sur 11 observations) des placeaux inventoriés. *A. toxicaria* est alors relativement dispersé sur les anneaux successifs de 0 à 10 m, 10 à 20 m, 20 à 30 m, 30 à 40 m et 40 à 50 m dans les forêts de Niaouli et Pobè. Mais dans la forêt de Bonou,

l'espèce a une répartition agrégative dans les 10 premiers mètres. Au-delà, soient sur les anneaux 10 à 20 m, 20 à 30 m, 30 à 40 m et 40 à 50 m, *A. toxicaria* est relativement dispersé.

4.2.2. Répartition spatiale de *Ceiba pentandra*

Le tableau 10 présente la proportion de chaque classe de densité relative de voisinage (Ω) par rapport au nombre totale de placeaux inventoriés dans chaque forêt suivant les catégories d'anneau.

Tableau 10 : Proportion des classes de densité relative de voisinage par anneau chez *C. pentandra*

Forêts	Valeur de Ω	Anneaux				
		Ω 0-10	Ω 10-20	Ω 20-30	Ω 30-40	Ω 40-50
Niaouli	$\Omega > 1$	19,35	3,23	0	9,68	0
	$\Omega = 1$	0	0	0	0	0
	$\Omega < 1$	80,65	96,77	100	90,32	100
Pobè	$\Omega > 1$	16,67	6,67	10	13,33	6,67
	$\Omega = 1$	0	0	0	0	0
	$\Omega < 1$	83,33	93,33	90	86,66	93,33
Bonou	$\Omega > 1$	0	9,09	9,09	9,09	0
	$\Omega = 1$	0	0	0	0	0
	$\Omega < 1$	100	90,91	90,91	90,91	100

Quelle que soit la forêt ou l'anneau, la densité relative de voisinage de *C. pentandra* est inférieure à 1 dans plus de 80% des unités d'échantillonnage (tableau 10). Dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou *C. pentandra* est relativement dispersé sur une distance de 0 à 10 m, 10 à 20 m, 20 à 30 m, 30 à 40 m et 40 à 50 m autour d'un pied repère. Les résultats issus de l'analyse de la répartition de *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra* nous amènent à rejeter la quatrième hypothèse qui stipule que la répartition spatiale de *Antiaris toxicaria* Lesch. et *Ceiba pentandra* (L) Gaert dans les forêts étudiées est aléatoire.

5. Discussion

5.1. Diversité floristique des forêts

La physionomie des formations végétales résulte d'une confluence de facteurs environnementaux (sol, climat, topographie, etc.) qui déterminent leur répartition dans les zones écologiques du monde (Djègo *et al.*, 2012).

En effet, la forêt de Niaouli a une faible diversité spécifique. Au sein de cette forêt les espèces sont équitablement représentées. La diversité de la forêt de Niaouli est relativement proche de celle observé (2,69 bits) par Djègo *et al.* (2012) dans les formations végétales à dominance forêts claires de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. Dans son étude dans la forêt dense semi-décidue de la Lama au Bénin, Gbètoho (2013) trouve également une diversité faible (1,14 bit) dans les peuplements à dominance *Lonchocarpus sericeus* et *Ceiba pentandra*. Par contre dans les forêts de Pobè et de Bonou, la diversité spécifique est relativement élevée. Aussi dans chacune de ces forêts, les espèces sont représentées plus ou moins équitablement. Les indices de diversité de Shannon et de Piélou issus de nos résultats sur les forêts de Pobè et de Bonou sont relativement proches de ceux observés par Adjakpa *et al.* (2013) dans des îlots de forêts riveraines communautaires de la Basse vallée de la Sô au Sud-Est du Bénin. L'auteur obtient un indice de diversité de Shannon égale à 3,01 bits avec un indice d'équitabilité de Piélou compris entre 0,50 et 0,83. En utilisant la méthode de la phytosociologie synusiale, Hounkpèvi *et al.* (2011) trouvent également des indices de diversité assez élevé dans les synusies arbustives à *Celtis brownei* et *Drypetes floribunda* ($H = 3,99$ bits; $E_q = 0,57$) et à *Lecaniodiscus cupanioides* et *Deinbollia pinnata* ($H = 4,04$ bits; $E_q = 0,54$). Selon Akpo *et al.* (1999), une plus grande diversité implique une plus grande égalité des contributions individuelles. Inversement, une diversité plus faible signifie une faible régularité de la répartition des individus. Cette variation entre les indices de diversité des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou, résulterait de l'interaction de facteurs environnementaux. En comparant ces trois forêts, la forêt de Bonou est plus diversifiée que la forêt de Pobè qui est plus diversifiée que la forêt de Niaouli. Selon Lacoste et Roux (1972), les groupements végétaux sont l'expression de la synthèse des facteurs écologiques du milieu. Si les forêts de Bonou et de Pobè sont plus diversifiées que celle de Niaouli, c'est parce qu'elles bénéficieraient des conditions écologiques plus favorables. Mais aussi, elles sont mieux protégées que la forêt de Niaouli (Agbangla, 2011 ; Yêhouénou-Tessi *et al.*, 2012 ; Dossa Gbo, 2013 ; Kakpo, 2013).

5.2. Caractéristiques dendrométriques et régénération des forêts étudiées

La densité moyenne globale présente une différence significative entre les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou. La densité moyenne globale de la forêt de Bonou est relativement plus élevée que celle de la forêt de Niaouli qui est relativement plus élevée que celle de Pobè. Selon Comita *et al.* (2007) plus le nombre d'individus reproducteurs est élevé, plus la densité globale est élevée. Nos résultats rejoignent l'affirmation de l'auteur puisque la forêt de Bonou a une densité de régénération plus élevée que celle de la forêt de Niaouli. Aussi, la forêt de Bonou étant une forêt galerie bénéficie des conditions stationnelles favorables, principalement l'humidité du sol qui se traduit par la relative densité élevée de la forêt de Bonou par rapport aux forêts de Pobè et Niaouli (Kakpo, 2013). Mais bien que la densité moyenne globale de la forêt de Bonou soit supérieure à celle de Pobè, il n'existe pas une différence significative entre la densité moyenne de régénération de ces deux forêts. Si la densité globale est faible au niveau de la forêt de Pobè, cela serait lié à la perte élevée (environ 74%) de la régénération lorsqu'elle passe du stade plantule au stade juvénile. La forêt de Pobè jouit d'une protection intégrale (Dossa Gbo, 2013) et dispose d'un couvert arboré fermé qui limite l'infiltration de la lumière et entrave la survie des espèces du sous-bois (Gourlet-Fleury, 1998). La faible densité moyenne globale et de régénération de la forêt de Niaouli se justifie par l'état de dégradation de la forêt (Agbangla, 2011). Toutefois la densité moyenne globale de la forêt de Niaouli est plus élevée que celle observée par Kakpo (2013) dans la forêt d'Itchède (171 tiges/ha). Awokou *et al.* (2009), en utilisant l'approche de la phytosociologie synusiale intégrée ont obtenu dans la même forêt des densités comprises entre 146 pieds/ha et 338 pieds/ha dans les synusies arbustives et arborescentes. Bien que la forêt de Bonou soit plus dense que les forêts de Pobè et de Niaouli, elle est moins dense que les forêts denses tropicales humides (Pascal, 2003). Au Ghana, en forêt dense semi-décidue, la densité des tiges de plus de 10 cm de diamètre est comprise entre 500 et 625 tiges/ha pour une valeur moyenne de 550 tiges/ha (Phillips *et al.*, 1994).

De la même façon que la densité moyenne globale, la surface terrière moyenne est significativement différente entre les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou. La surface terrière de la forêt de Bonou est plus élevée que celle de la forêt de Pobè. Cela serait dû aux conditions stationnelles favorables de la forêt de Bonou par rapport à la forêt de Pobè. En effet, la forêt de Bonou est plus humide que la forêt de Pobè, ce qui représente un facteur essentiellement important pour le bon développement des arbres (Djègo *et al.*, 2012). La forêt de Pobè a une surface terrière plus élevée que celle de la forêt de Niaouli à cause de la meilleure protection

dont elle dispose. Sur le site de Paracou (Guyane française), Réant (1997) obtient une surface terrière de 19,1 m²/ha (Dbh ≥ 10 Cm) sur des unités d'échantillonnage de 0,50 ha. La valeur trouvée par l'auteur est assez proche de celui révélé par notre étude. Comparativement aux forêts denses tropicales, la forêt de Bonou à une surface terrière relativement faible (Pascal, 2003). Au Ghana, en forêt dense semi-décidue, la surface terrière est de l'ordre de 30-33 m²/ha (Phillips *et al.* 1994). Dongmo (2008) obtient dans les forêts secondaires de NKolbibanda au Cameroun une surface terrière moyenne de 69,64 m²/ha.

La densité et la surface terrière relativement faibles des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou par rapport aux forêts denses humides africaines seraient dues à l'état de dégradation des forêts étudiées et aux conditions climatiques (Ashton *et al.*, 1983). Concrètement, les forêts étudiées bénéficient d'une précipitation moins élevée que celles des autres forêts denses africaines (1000 à 2000 mm/an) (Dupuy *et al.*, 1999).

5.3. Caractéristiques dendrométriques et régénération de *A. toxicaria* et de *C. pentandra*

La densité de *A. toxicaria* ne varie pas significativement entre les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou. Ces résultats confirment en partie ceux de Yêhouéno-Tessi *et al.* (2012) qui trouvent également qu'il n'y a pas de différence significative entre la densité de *A. toxicaria* dans les forêts de Bonou et de Pobè. Mais les densités de l'espèce, trouvées par ces auteurs dans les forêts de Pobè (49 tiges/ha) et de Bonou (46 tiges/ha) sont plus élevées que les nôtres. Ces densités relativement élevées seraient liées à la méthodologie d'échantillonnage. En effet, cette méthodologie consiste à n'installer l'unité d'échantillonnage que lorsque l'espèce est retrouvée. Ce qui pourrait surestimer la densité de l'espèce à l'échelle des forêts (Jayaraman, 1999). Egalement Sinasson (2010) a obtenu une densité de *A. toxicaria* de 7 à 8 pieds/ha dans la forêt d'Itchède-Toffo. Cette densité est comparable à celles que nous avons obtenues dans la forêt de Pobè et de Bonou.

Quant à la surface terrière moyenne, au diamètre moyen quadratique et à la hauteur moyenne de Lorey de *A. toxicaria*, ils varient d'une forêt à l'autre. Yêhouéno-Tessi *et al.* (2012) font également le même constat en comparant l'espèce entre les forêts de Pobè et de Bonou. Ce résultat pourrait s'expliquer par la différence entre les conditions stationnelles de forêts ajoutées au niveau de dégradation de chacune des forêts. En effet, la forêt de Pobè est plus protégée que la forêt de Bonou qui est également plus protégé que la forêt de Niaouli (Agbangla, 2011 ; Yêhouéno-Tessi *et al.*, 2012 ; Dossa Gbo, 2013 ; Kakpo, 2013). Bien que nos résultats soient comparables en partie à ceux de Yêhouéno-Tessi *et al.* (2012), nous notons toujours des valeurs plus élevées dans les travaux de ces derniers. Par rapport à la

densité moyenne de régénération de *A. toxicaria*, on note une différence significative entre les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou. Cette différence est notamment marquée par la forêt de Niaouli qui est beaucoup plus dégradée que les forêts de Pobè et de Bonou (Agbangla, 2011). Selon Yêhouénou-Tessi *et al.* (2012), la forêt de Bonou a une densité de régénération en *A. toxicaria* de 317 tiges/ha et celle de Pobè une densité de régénération en *A. toxicaria* de 1144 tiges/ha. Les valeurs obtenues par ces auteurs sont toujours plus élevées que celles issues de notre étude. Cela serait toujours dû à la différence entre notre méthode d'échantillonnage et celle de ces auteurs.

La densité moyenne et le diamètre moyen de *C. pentandra* sont significativement différents entre les trois forêts étudiées. Quelle que soit la forêt considérée, l'espèce est faiblement représentée. Cela se justifie par le fait que le recrutement des populations de l'espèce est difficile. Nos résultats, particulièrement ceux observés à Niaouli et Pobè sont comparables d'une part à ceux obtenus par Gbètoho (2013) dans la forêt classée de la Lama au Bénin. En effet, dans les peuplements à *Lonchocarpus sericeus* et *Ceiba pentandra*, l'auteur obtient un diamètre quadratique moyen de 31,58 cm, une surface terrière de 2,78 m²/ha et une hauteur moyenne de Lorey de 19,6 m. Mais la densité (16 tiges / ha) obtenu par l'auteur est relativement plus élevée que celle obtenue dans notre étude. Ceci est probablement lié à la taille des unités d'échantillonnage (0,5 ha) utilisées par l'auteur. Comme dans notre étude, l'auteur obtient aussi des valeurs de densité de régénération relativement faible soit 7 tiges / ha. Bertault *et al.* (1999), obtiennent des densités de régénération nettement plus élevée dans les parcelles exploitées, non exploitées et éclaircies (respectivement 25,6 tiges / ha, 73,1 tiges / ha et 58,8 tiges / ha) dans le périmètre de la Téné en Côte d'Ivoire. Cette différence de résultat s'expliquerait par l'ouverture du couvert des peuplements causé par des incendies. Toutefois la surface terrière moyenne, la hauteur moyenne de Lorey et la densité de régénération de l'espèce ne varient pas significativement entre les forêts étudiées. Yêhouénou-Tessi *et al.* (2012), en menant des recherches sur l'espèce dans les forêts de Bonou et de Pobè, ont abouti au même résultat, mais les valeurs obtenues par ces auteurs sont plus élevées que celles de cette étude.

5.4. Structure en diamètre des forêts et espèces étudiées

L'analyse de la structure en diamètre du peuplement arborescent des forêts de Niaouli, de Pobè et de Bonou relève une structure en forme de J renversé. Le nombre de tiges va décroissant au fur et à mesure que le diamètre augmente. Selon Dupuy (1998), cette structure

est caractéristique des forêts denses humides naturelles non dégradées. Les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou possèdent donc globalement une bonne capacité de régénération.

Antiaris toxicaria dans la forêt de Bonou présente une distribution exponentielle négative des effectifs avec les classes de diamètre. Chez une espèce ayant une telle structure, les tiges d'avenir sont en nombre suffisamment élevé pour garantir le renouvellement de la population (Feeley *et al.*, 2007). Yêhouéno-Tessi *et al.* (2012) ont obtenu la même structure dans la forêt de Bonou. Selon Pascal (2003), ce type de distribution est caractéristique des espèces sciaphiles, tolérant l'ombre. On la retrouve aussi bien chez les espèces qui passent tout leur cycle en sous-bois que chez celles qui commencent leur développement en sous-bois et le terminent au niveau de la canopée, atteignant ainsi de forts diamètres (Pascal, 2003). Dans la forêt de Pobè, la structure en diamètre de l'espèce présente une dominance des individus de classe intermédiaire. Cette distribution confirme celle obtenue par Yêhouéno-Tessi *et al.* (2012) dans cette même forêt. Dans cette distribution, il y a peu de jeunes sujets par rapport aux adultes. Les conditions stationnelles, notamment le déficit de lumière dans le sous-bois, ne permettent pas la germination, la croissance et le maintien de l'espèce dans la forêt de Pobè. La forêt de Pobè étant une forêt relativement bien protégée a un couvert plus ou moins fermé, ce qui laisse filtrer très peu de lumière dans le sous-bois. Dans la forêt de Niaouli, *A. toxicaria* a une structure en cloche. La structure de l'espèce présente des déficits dans les classes inférieures de diamètres et les individus des classes intermédiaires prédominent. Une espèce possédant une telle distribution est qualifiée de déstructurante et est menacée de disparition (Sokpon *et al.*, 2002). Ce type de distribution est probablement lié à l'état dégradé de la forêt de Niaouli (Geldenhuis, 2010).

Quelle que soit la forêt, *C. pentandra* a une structure irrégulière. Cette irrégularité entre les classes de diamètre pourrait être due à des irrégularités de fructification de l'espèce. Ceci peut aussi s'expliquer par la croissance différentielle de certains pieds d'arbres et à la concurrence dans les groupes du fait des mauvaises conditions du milieu pour la régénération (Geldenhuis, 2010). Cela entraîne donc, une irrégularité de la succession des vagues de régénération (Geldenhuis, 2010). Ce qui peut s'expliquer par une interruption temporaire de la régénération du fait de dommages directs aux semis ou de l'absence d'agents de pollinisation ou de dissémination (Peters, 1994). Les espèces fidèles à ce type de distribution sont dites déstructurantes et menacées de disparition dans les peuplements (Pascal, 2003). Yêhouéno-Tessi *et al.* (2012) dans leur étude sur *C. pentandra* dans les forêts de Bonou et de Pobè concluent que la distribution de l'espèce est déstructurante mais avec une dominance des individus de classe intermédiaire. Cette différence de résultat se justifierait par la densité relativement élevée de l'espèce obtenue par l'auteur dans ces forêts. Mais également par la

variation des classes de diamètre utilisé par l'auteur qui est de 10 cm contrairement à la nôtre qui est de 5 cm.

Suite à ces résultats, des mesures de gestion durable de *A. toxicaria* et de *C. pentandra* doit être prise. En effet, *A. toxicaria* est menacé de disparition dans la forêt de Pobè. Le peuplement de la forêt de Pobè doit être éclairci en desserrant les arbres pour permettre à la lumière de pénétrer dans le sous-bois afin de favoriser la germination et le développement des semis (Geldenhys, 2010). Bien plus que *A. toxicaria*, *C. pentandra* est fortement menacé dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou. Pour restaurer cette espèce, la régénération naturelle doit être assistée à travers le repérage des semis et le dégagement périodique des adventices tout autour. Il faut envisager la protection des graines de *C. pentandra* contre les déprédateurs et une assistance qui consisterait au moins à protéger les jeunes plants durant les premières années de leur croissance. A tout cela, il faudrait mieux protéger ces forêts et les enrichir en *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra*.

5.5. Répartition spatiale des espèces de valeur

La densité relative de voisinage Ω (Condit *et al.*, 2000) est un indice qui n'exprime pas la structure des peuplements seulement en termes de valeurs moyennes ou de distribution, mais qui décrit la structure spatiale de manière continue. Cet indice peut être comparé à la fonction K de Ripley mais n'est pas une fonction cumulative de la distance d'observation comme celle de Ripley (Condit *et al.*, 2000). La densité relative de voisinage permet des investigations spatialement explicites des interactions entre les arbres sur de grandes échelles de distance.

En effet, *A. toxicaria* et *C. pentandra* ont une densité relative de voisinage généralement inférieure à 1 dans un rayon de 1 à 50 m dans les forêts étudiées. Excepté dans la forêt de Bonou où *A. toxicaria* a une valeur Ω supérieur à 1 sur les dix premiers mètres. En dehors de la forêt de Bonou où *A. toxicaria* a une répartition agrégative sur une distance de 0 à 10 m, les deux espèces sont relativement dispersées dans les rayons d'étude considérés. En utilisant l'indice de Blackman et de Green, Yéhouéno-Tessi *et al.* (2012) ont trouvé que les populations de *A. toxicaria* dans les forêts de Pobè et Bonou ont une répartition agrégée (groupée) et l'expliquent par une faible dispersion des graines de l'espèce. Mais notons que l'indice de Blackman et de Green présentent l'inconvénient de décrire la structure spatiale à l'échelle du plus proche voisin, les interactions au-delà du plus proche voisin étant ignorées (Stoyan et Penttinen, 2000). Quant à *C. pentandra*, Yéhouéno-Tessi *et al.* (2012) concluent que l'espèce est très faiblement regroupée, ce qui rejoint nos résultats.

Les caractéristiques de la régénération sont étroitement liées au type de fruits, aux modes de dissémination des diaspores (Van der pijl, 1969), à leur survie (Janzen, 1970) et à celle des premiers stades de croissance (Connell, 1971). Les modalités de la dissémination des graines sont certainement parmi les facteurs décisifs qui règlent le comportement d'une espèce au sein d'un groupement végétal (Comita *et al.*, 2007 ; Nishimura *et al.*, 2008). Les stratégies de dispersion des graines adoptées par une plante peuvent être liées à l'agent de dispersion. Tous ces facteurs permettent d'expliquer la répartition et le degré d'agrégation des formes juvéniles et des adultes des espèces végétales (Poore, 1968 ; Hubbell, 1979).

Ainsi, *A. toxicaria* est une espèce sarcochore, ces diaspores sont totalement ou partiellement charnues. L'espèce a généralement besoin des animaux en particulier les rongeurs et les oiseaux pour se disséminer, on parle de zoochorie (McHargue et Hartshorn, 1983 ; Becker et Wong, 1985), ce qui explique la raison pour laquelle on retrouve des individus de ces espèce au-delà de 10 m. La répartition spatiale agrégative observée dans les dix premiers mètres de l'espèce dans la forêt de Bonou peut être liée à une faible activité des agents de dispersion. Nishimura *et al.* (2008) en étudiant la répartition spatiale et écologique des Fagaceae dans la forêt de Sumatra (Indonésie), remarquent qu'une espèce peut avoir sur une distance donnée une première distribution qui est agrégative et sur une distance plus longue, grâce aux agents de dispersion, une deuxième distribution qui est aléatoire. La dissémination des graines par les animaux permet d'augmenter la probabilité que les espèces colonisent des milieux plus favorables (Nishimura *et al.*, 2008).

Ceiba pentandra est une espèce anémochore (Kassi N'Dja, 2006). Ses graines sont disséminées que par le vent (Augsburger, 1984). Par nature, les graines de l'espèce se disséminent sur de longues distances.

6. Conclusion et perspectives

L'étude des caractéristiques structurales et écologiques des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou et des populations de *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra* contribue à une meilleure connaissance des forêts secondaires du Sud Bénin et des espèces de valeur qui les composent. Une telle étude constitue un préalable fondamental à l'élaboration de stratégies de conservation et de gestion durable des forêts à *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra*.

On retient de cette étude que la forêt de Niaouli est relativement plus dégradée que les forêts de Pobè et Bonou. Dans cette forêt, les espèces de valeur telles que *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra* sont menacées de disparition et méritent une attention particulière. Dans les autres forêts (Pobè et Bonou), bien que *Antiaris toxicaria* soit relativement moins menacé, il

est nécessaire de faire un suivi de la régénération (régénération assistée). Puisqu'on observe une densité très faible des individus adultes de l'espèce. Malgré une meilleure protection de ces deux forêts, *Ceiba pentandra* est fortement menacée de disparition. Ceci se remarque par la faible densité de régénération de l'espèce mais aussi par la faible densité d'individus adultes de l'espèce. Il ressort également de notre étude que *Antiaris toxicaria* et *Ceiba pentandra* sont généralement relativement dispersés dans un rayon de 1 à 50 m mais, dans la forêt de Bonou, *Antiaris toxicaria* a une répartition agrégative dans les dix premiers mètres.

Au regard des résultats obtenus, l'étude de la structure, de l'écologie et de la répartition spatiale de *Antiaris toxicaria* et de *Ceiba pentandra* mérite d'être poursuivie à l'échelle nationale et d'autres aspects d'études sur ces espèces méritent d'être entrepris. Ainsi, nous proposons:

- de continuer l'étude de la structure, de l'écologie et de la répartition spatiale de *Antiaris toxicaria* et de *Ceiba pentandra* dans les autres forêts protégées du Bénin afin de disposer d'une information complète sur ces espèces à l'échelle nationale
- de modéliser la niche écologique de ces espèces afin d'identifier les facteurs qui influencent la répartition de ces espèces et leurs risques écologiques probables.
- d'étudier la diversité phénotypique et génétique de ces espèces afin d'avoir un aperçu sur l'état de conservation de ces espèces
- d'étudier l'utilisation ethnobotanique de ces espèces pour appréhender l'importance socio-économique de ces espèces pour les communautés rurales
- d'étudier la composition physico-chimique des organes végétaux tels que les racines, écorces et feuilles de ces espèces afin d'en déduire l'utilisation en médecine traditionnelle et les implications pour la médecine moderne.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Acker S.A., Sabin T. E., Ganio L. M., McKee W. A., 1998. Development of old-growth structure and timber volume growth trends in maturing Douglas-fir stands. *Forest Ecology and Management* 104, 265-280.

Adjakpa Jacques Boco, Hounnankpon Yèdomonhan, Ahoton Léonard E., Peter D. M. Weesie et Akpo Léonard E., 2013. Structure et diversité floristique des îlots de forêts riveraines communautaires de la Basse vallée de la Sô au Sud-Est du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 65:4902 – 4913. ISSN 1997–5902

Agbangla M., 2011. Caractéristiques structurales et écologiques des populations de quelques espèces de valeur des forêts de Niaouli (Sud-Bénin). Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques. Université d'Abomey-Calavi. 54 p.

Akouègninou A. *et al.*, 2006. Flore analytique du Bénin. 1063 p

Akpo L. E., Grouzis M., Bada F., Pontanier C. F., 1999. Effet du couvert ligneux sur la structure de la végétation herbacée de jachères soudaniennes. Note originale. *Sécheresse*, 10(4) : 253-61.

Aubréville A., 1967. La forêt primaire des montagnes de Belinga. *Biologia Gabonica*. 3 (2) : 95-112.

Andriamalala F. *et al.*, 2010. Outils pour la caractérisation des milieux forestiers et de leur diversité végétale. Colloque international sur l'Évaluation environnementale pour la gestion des ressources naturelles. Université d'Antananarivo.

Ashton P.S., Guillaumet J.-L. et Lawton R. M., 1983. Ecosystèmes forestiers d'Afrique. ORSTOM, UNESCO.

Augspurger C. K., 1984. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology*, 65: 1705-1712.

Awokou Kodjoli S., Ganglo Cossi J., Azontondé Hessou A., Adjakidjè Victor et De Foucault Bruno, 2009. Caractéristiques structurales et écologiques des phytocénoses forestières de la forêt classée d'Itchède (Département du Plateau, Sud-est Bénin). *Sciences & Nature* Vol.6 N°2 : 125 - 138

Barot S., Gignoux J., Menaut J. C., 1999. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. *Ecology* 80 (6): 1987-2005.

Bationo A., Buerkert A., 2001. Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian West African. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61, 131–142.

Becker P. et Wong M., 1985. Seed dispersal, seed predation, and juvenile mortality of *Aglaia* sp. (Meliaceae) in lowland dipterocarp rainforest. *Biotropica* 17:230-237.

Begon M., Harper J. L. et Townsend C. R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities* (3rd edition). Blackwell Science, Oxford : 1-1068.

BERTAULT Jean-Guy, MIÉZAN Kouassi, DUPUY Bernard, DURRIEU de MADRON Luc, AMSALLEM Isabelle, 1999. Croissance et productivité en forêt dense humide après incendie : le dispositif de La Téné - Côte d'Ivoire (1978 - 1993). CIRAD-Forêt, France, 73 p.

Bogaert J. et Mahamane A., 2005. *Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale*. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin, Bénin.

Bosu PP et Krampah E., 2005. *Antiaris toxicaria* Lesch. Louppe D., Oteng-Amoako, A. A. et Brink M. (Editeurs). PROTA (Plants Ressources of tropical Africa) Wageningen, Pays Bas. Fiche de Protabase.

Bosu PP et Krampah E., 2005. *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. [Internet] Fiche de Protabase. Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A. et Brink, M. (Editeurs). PROTA (Plants Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas

Collinet F., 1997. Essais de regroupements des principales espèces structurantes d'une forêt dense humide d'après l'analyse de leur répartition spatiale (Forêt de Paracou-Guyane).

Comita L. S., Condit R., Hubbell S. P., 2007. Developmental changes in habitat associations of tropical trees. *Journal of Ecology* 95, 482–492

Condit R., Ashton P. S., Baker P., Bunyavejchewin S., Gunatilleke S., Gunatilleke N., Hubbell S. P., Foster R. B., Itoh A., LaFrankie J. V., Lee H. S., Losos E., Manokaran N., Sukumar R., Yamakura T., 2000. Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species, *Sciences* Vol.288: 1414-1417 p

Connell J. H., 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and rain forest trees. pp. 298–312 in den Boer, P. J. & Gradwell, G. R. (eds.). *Dynamics of numbers in populations*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

Dawkins H. C., 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Oxford, England, Imperial Forestry Institute, 34, 155 p.

Delvaux J., 1981. Différenciation sociale. Journal de Foresterie Suisse, 132: 733-749.

Denslow, J. S., 1995. Disturbance and diversity in tropical rain-forests - the density effect. Ecol. Appl. 5, 962-968.

Dessard H. et Bar-Hen A., 2004. Experimental Design for spatial sampling applied to the study of tropical forest regeneration. Canadian Journal of Forest Research, 35:5, 1149-1155

Devineau Jean-Louis, 1989. Accroissements en surface terrière dans des forêts semi-caducifoliées de Côte d'Ivoire. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Séries III - Sciences de la Vie, Elsevier, 309, pp. 423-428.

Djègo Julien, Gibigaye Moussa, Tenté Brice et Sinsin Brice, 2012. Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(2) : 705-713. ISSN 1991-8631

Dongmo Dorisse M., 2008. Etudes floristiques et ethnobotaniques dans un village de la zone forestière du Cameroun: cas de NKolbibanda. Mémoire de master, Université de Yaoundé, Cameroun. 72 page + annexes

Dossa Gbo C. F., 2013. Caractéristiques Structurales et Ecologiques de la Forêt de Pobè au Sud- Est du Benin. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 57 p.

Dupuy B., 1998. Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine. CIRAD-Forêt, 328 p.

Dupuy B., Maître H-F et Amsallem I, 1999. Techniques de gestion des écosystèmes forestiers tropicaux : état de l'art. Paper for the World Bank Forest Policy Implementation Review and Strategy. 146 p

Duvall C. S., 2009. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. In : Brink, M. et Achigan-Dako, E. G. (Editors). Prota 16 : Fibres/Plantes à fibres. PROTA, Wageningen, Netherlands.

Emrich, A., Horst, A., Küppers K. et Sturm, H. J. (1998). Evaluation écologique intégrée de la forêt naturelle de la Lama en république du Bénin. Rapport de synthèse. ONAB-KfW-GTZ. Cotonou, Bénin. 74 p + annexes.

Feeley K. J., Davies S. J., Ashton P. S., Bunyavejchewin S., Nur Supardi M. N., Kassim A. R., Tan S., et Chave J., 2007. The role of gap phase processes in the biomass dynamics of tropical forests. *Proceedings of the Royal Society B* 274 :2857–2864.

Fournet Jacques, 2002. Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique. Gondwana Editions, Cirad, Tome 1. ISBN 978-2-87614-489-7.

Gbètoho Alain Jaures, 2013. Structure, écologie, et dynamique des forêts secondaires de la Lama (Sud Bénin). Diplôme d'Etude Approfondie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 88 p + annexes.

Geldenhuys 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.

Gimaret-Carpentier C., Pelissier R., Pascal J.-P. et Houllier F., 1998. Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. *Journal of Vegetation Science*, vol. 9, pp. 161-172.

Gourlet-Fleury S., 1998. Conserver, gérer la biodiversité : quelle stratégie pour la Guyane ? *Journal d'Agronomie Tropicale et de Botanique Appliquée, revue d'ethnobiologie*. vol. 40 (1-2), spécial Guyane : pp 79-102.

Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 p. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Hawthorne W. D., 1993. Forest regeneration after logging. England, O.D.A., Forestry Series, 3, 52 p.

Herrero-Jáuregui C, García-Fernández C, Sist PL, Casado MA. 2012. Recruitment dynamics of two low-density neotropical multiple-use tree species. *Plant Ecology*, 212 (9) : 1501–1512.

Houessou A., 1974. Etudes des formations détritiques de l'Ouest du bassin sédimentaire côtier du Dahomey. Thèse de 3e Cycle, Sciences et Technologies, Université Lille1, France.

Houankpèvi Achille, Yévidé Armand Sèdami Igor, Ganglo Jean Cossi, Devineau Jean-Louis, Azontonde Anasthase Hessou, Adjakidje Victor, Agbossou Euloge Kossi et De Foucault Bruno, 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 forêts des tropiques*, N° 308 (2)

- Hubbell S. P., 1979. Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest. *Science*, 203: 1299-1303
- Hutchings, M. J., 1997. The structure of plant populations. In: Crawley, M. J. (Ed.), *Plant Ecology*. Blackwell Science, Oxford, pp. 325–358.
- Jaccard P., 1901. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*. 37, 241-272.
- Jansen D. H., 1970. Herbivores and the number of trees species in tropical forests. *Amer. Natur*, 104: 501-528
- Jayaraman K., 1999, *Manuel de statistique pour la recherche forestière*. Kerala Forest Research Institute, Inde, 242 p.
- Kabulu *et al.*, 2008. Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga. *Ann. Fac. Sc. Agro.*, I, (2), 12-18.
- Kakpo S. B., 2013. *Caractéristiques Structurales et Ecologiques des Forêts de Bonou et d'Itchède au Sud Est du Benin*. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 70 p.
- Kari Susanna et Korhonen-Kurki Kaisa, 2013. Framing local outcomes of biodiversity conservation through ecosystem services: A case study from Ranomafana, Madagascar. *Ecosystem Services* 3: 32–39.
- Kassi N'Dja Justin, 2006. *Successions secondaires post-culturelles en forêt dense semi décidue de Sanaimbo (côte d'ivoire) : nature, structure et organisation fonctionnelle de la végétation*. Thèse de doctorat en biologie-santé, Faculté de Pharmacie, Université de Picardie Jules Verne, France. 232 p.
- Lacoste A. et Roux Maurice, 1972. L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes. II. L'analyse des données écologiques et l'analyse globale. *Oecol. Plant*, 5(2) : 125-146.
- Ladeji O., Omekarah I., et Solomon M., 2003. Hypoglycemic properties of aqueous bark extract of *Ceiba pentandra* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology.*, 84: 139-142.
- Lloyd M. et Ghelardi R. J., 1964. A Table for Calculating the 'Equitability' Component of Species Diversity. *Journal of Animal Ecology* 33(2): 217-225.

- Margolis H., 2007. Analyse des écosystèmes forestiers tropicaux. Cours, Faculté de Foresterie et Géomatique, Université Laval, Canada, 125 p.
- McHargue L. A. et Hartshorn G. S., 1983. Seed et seeding ecology of *Carapa quianensis*. *Turrialba* 33: 399-4004
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human well being, Global Assessment Reports, Vol.1: Current State and Trends. Washington D.C., Island Press, 948 p.
- Millet Jérôme, 2003. Etude de la biodiversité arborée, de la structure et de l'évolution dynamique du massif forestier de Tan Phu (Vietnam) après son exploitation. Thèse de doctorat, université Claude Bernard, Lyon 1, France.
- Mueller-Dombois, D. et Ellenberg, H., 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley et sons, New York, London, Sydney, Totonto, 547 p.
- Munks S. A., Corkrey R., Foley W. J., 1996. Characteristics of arboreal marsupial habitat in the semi-arid woodlands of northern Queensland. *Wildlife Research* 23, 185-195.
- Ngounou, N., Meli, A. L., Lontsi, O., Sondengam, B. L., Atta-Ur-Rahman, Iqbal Choubaryb, M., *et al.*, 2000. New isoflavones from *Ceiba pentandra*. *Phytochemistry*, 54: 107-110.
- 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.
- Oliver C. D., et Larson B. C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York. 521 pp.
- Orwa *et al.*, 2009. *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0*
- Pascal JP., 2003. Notions sur les structures et dynamiques des forêts tropicales humides. *Rev. For. Fr. LV*
- Pastorella F., Paletto A., 2013. Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forests (Italy). *Journal of forest science.*, 59, (4): 159-168
- Pélissier R. et Goreaud F., 2001. A practical approach to studying the spatial structure in simple cases of heterogeneous vegetation stands. *Journal of Vegetation Science.*, 12: in press.
- Peters C. M., 1994. Exploitation soutenue des Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre en forêt tropicale humide : Manuel d'initiation écologique, série générale du programme d'appui à la biodiversité, Washington. N°2, 49 p.

- Philip, S. M., 1999. *Measuring Trees and Forests*. Second Edition, 311 p.
- Phillips O. L., Hall P., Gentry A. H., Sawyer S. A., Vasquez R., 1994. Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 91: 2805-2809.
- Pielou, E. C., 1975. *Ecological Diversity*. Wiley, New York
- Poore M. E. D., 1968. Studies in Malaysian rainforest. 1. The forest on triassic sediments in Jengka Forest Reserve. *J. Ecol.* 56, 143-196.
- Réant O., 1997. Etude sur les données du dispositif de Paracou en vue de préparer l'inventaire préalable à l'aménagement pilote de la forêt de Counami. Rapport interne de travail. CIRAD-Forêt 16 p.
- Ricotta, C. et Avena, G., 2003. An information-theoretical measure of β -diversity. *Plant Biosystems* 137(1): 57 - 61.
- Ripley B. D., 1977. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society*, B39: 172-212.
- Rondeux J., 1999. *La mesure des peuplements forestiers*. Presses agronomiques de Gembloux. 522 p.
- Schulze M., Grogan J., Landis R. M., Vidal E., 2008. How rare is too rare to harvest? Management challenges posed by timber species occurring at low densities in the Brazilian Amazon. *Forest Ecol. Manage.* 256, 1447–1457.
- Sinasson S. K. G., 2010. Dynamique des forêts naturelles de Bonou et d'Ichèdè-Toffo, Sud-Bénin. Thèse de Diplôme d'Etude Approfondie, Université d'Abomey-Calavi/Faculté des Sciences Agronomiques, Bénin, 143 p.
- Sokpon N. et Biaou H., 2002. The use of diameter distributions in sustained-use management of remnant forests in Benin: case of Bassila forest reserve in North Benin. *Forest Ecology and Management*, 161: 13-25.
- Spies T. A. et Franklin J. F., 1991. The structure of natural young, mature, and old-growth Douglas-Fir forests in Oregon and Washington. In: Aubry K. B., Brookes M. H., Agee J. K., Anthony R.G., Franklin J. F., (Eds.). *Wildlife and Vegetation of Unmanaged Douglas-Fir Forests*. USDA Forest Service, Portland, Oregon. 91-109.
- Stoyan, D. et Penttinen, A. 2000. Recent applications of point process methods in forestry statistics. *Forest Science* 15(1): 61–78.

Svensson J. S. et Jeglum J. K., 2001. Structure and dynamics of an undisturbed old-growth Norway spruce forest on the rising Bothnian coastline. *Forest Ecology and Management*, 151 (1–3) : 67–79.

Tomasini J., 2002. Introduction aux différentes techniques d'inventaires forestiers.

Tuomisto H., 2012. An updated consumer's guide to evenness and related indices. *Oikos* 121(8): 1203-1218.

Van den Akker M., 2003. Birds of Niaouli forest, southern Benin. *Bulletin of the African Bird Club* 10(1): 16-22.

Van Der Pijl L., 1969. Principles of Dispersal in Higher Plants. *Science*. Vol. 165 no. 3897 pp. 1001-1002. DOI: 10.1126/science.165.3897.1001

Viennot M., 1966. Étude des sols de la dépression de la Lama et de ses bordures. Toffo, Sèhouè, Agrimé. Paris, France, Orstom, 71 p.

Webster P. J., Holland G. J., Curry J. A. et Chang H. R., 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309, 1844–1846.

Wiegand T., Gunatilleke S., Gunatilleke N. et Okuda T., 2007. Analyzing the spatial structure of a Sri Lankan tree species with multiple scales of clustering. *Ecology* 88, 3088–3102.

Yehouenou Tessi Donald Romaric, 2012. Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Antiaris toxicaria* (Pers) Lesh et *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du Sud-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. ISSN 1991-8631

ANNEXES

Annexe 1 : Résultats des tests de comparaison des paramètres de diversité

Paramètre de diversité	Probabilités					
	Test de Normalité			Test d'égalité des variances	ANOVA	Test non-paramétrique
	NIAOULI	POBE	BONOU			
Richesse spécifique	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,636	P = 0,000	
Shannon	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,060	P = 0,000	
Piélou	P < 0,010	P > 0,100	P > 0,100			P = 0,045

Annexe 2 : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques

Annexe 2a : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Paramètres	Probabilités					
	Test de Normalité			Test d'égalité des variances	ANOVA	Test non-paramétrique
	NIAOULI	POBE	BONOU			
Densité moyenne	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,263	P = 0,008	-
Diamètre moyen	P > 0,100	P = 0,042	P > 0,100	-	-	P = 0,079
Surface terrière moyenne	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,100	P = 0,015	-
Hauteur moyenne de Lorey	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,109	P = 0,000	-

Annexe 2b : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques des populations de *Antiaris toxicaria* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Paramètres	Probabilités					
	Test de Normalité			Test d'égalité des variances	ANOVA	Test non-paramétrique
	NIAOULI	POBE	BONOU			
Densité moyenne	P > 0,100	P = 0,035	P > 0,100	-	-	P = 0,083
Diamètre moyen	P < 0,010	P < 0,010	P < 0,010	-	-	P = 0,008
Surface terrière moyenne	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,000	-	P = 0,047
Hauteur moyenne de Lorey	P < 0,010	P < 0,010	P > 0,100	-	-	P = 0,000

Annexe 2c : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques des populations de *Ceiba pentandra* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Paramètres	Probabilités					
	Test de Normalité			Test d'égalité des variances	ANOVA	Test non-paramétrique
	NIAOULI	POBE	BONOU			
Densité moyenne	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,379	P = 0,027	-
Diamètre moyen	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,949	P = 0,040	-
Surface terrière moyenne	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,229	P = 0,073	-
Hauteur moyenne de Lorey	P < 0,010	P > 0,100	P > 0,100	-	-	P = 0,061

Annexe 3 : Résultats des tests de comparaison des densités de régénération

Annexe 3a : Résultats des tests de comparaison des densités de régénération des forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Densité moyenne	Test de Normalité			Test d'égalité des variances	ANOVA	Test non-paramétrique
	NIAOULI	POBE	BONOU			
Plantules	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,229	P = 0,000	-
Juvéniles	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,027	-	P = 0,122
Petites perches	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,082	P = 0,000	-
Globale	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,697	P = 0,000	-

Annexes 3b: Résultats des tests de comparaison des densités de régénération des populations de *A. toxicaria* dans les forêts de Niaouli, Pobè et Bonou

Densité moyenne	Test de Normalité			Test d'égalité des variances	ANOVA	Test non-paramétrique
	NIAOULI	POBE	BONOU			
Plantules	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,026	-	P = 0,000
Juvéniles	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,002	-	P = 0,000
Petites perches	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,907	P = 0,907	-
Globale	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,151	P = 0,000	-

Annexes 3c: Résultats des tests de comparaison des densités de régénération des populations de *Ceiba pentandra* dans les forêts de Niaouli, Pobe et Bonou

Densité moyenne	Test de Normalité			Test d'égalité des variances	ANOVA	Test non-paramétrique
	NIAOULI	POBE	BONOU			
Plantules	-	-	-	-	-	P = 1
Juveniles	-	-	-	-	-	P = 0,897
Petites perches	-	-	-	-	-	P = 0,663
Globale	P > 0,100	P > 0,100	P > 0,100	P = 0,534	P = 0,534	-