



UNIVERSITE D'ABOMEY – CALAVI (BENIN)

.\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*



FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

.\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*

DEPARTEMENT D'AMENAGEMENT ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

.\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*

**CARACTERISTIQUES STRUCTURALES ET  
ECOLOGIQUES DES FORETS DE BONOU  
ET D'ITCHEDE AU SUD EST DU BENIN**

***THESE***

Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome

Option : Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles

Présentée et soutenue par :

**KAKPO SUNDAY BERLIOZ**

**SUPERVISEUR :**

**PROFESSEUR DR. IR. JEAN COSSI GANGLO**

**Titulaire de Foresterie**

***ANNÉE ACADÉMIQUE : 2011-2012***



UNIVERSITY OF ABOMEY – CALAVI (BENIN)

.\*.\*.\*.\*.\*

FACULTY OF AGRONOMIC SCIENCES

.\*.\*.\*.\*.\*

DEPARTEMENT OF "AMENAGEMENT ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT"

.\*.\*.\*.\*.\*



**STRUCTURAL AND ECOLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF BONOU AND  
ITCHEDE FORESTS (SOUTH EAST BENIN)**

*THESIS*

Submitted to obtain the Degree of Agricultural Engineer

Option : Natural Resource Management

Submitted by

**KAKPO SUNDAY BERLIOZ**

**SUPERVISOR :**

**PROFESSOR DR. IR. JEAN COSSI GANGLO**

Professor of Forestry

**ACADEMIC YEAR : 2011-2012**

# DEDICACE

Je dédie ce travail :

*A ma mère ALAPINI Lydie Gisèle Alakè et mon père KAKPO Comlan Marcel pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction. Ce travail est l'expression de ma parfaite reconnaissance. Que Dieu puisse vous accorder une bonne santé et une longue vie.*

## REMERCIEMENTS

L'heureux aboutissement de ce travail a été rendu possible grâce à la volonté inébranlable de Prof. Dr. Ir. GANGLO C. Jean qui a su guider mes pas avec toute la tolérance et la fermeté nécessaires. Avec tout mon respect et ma profonde gratitude, je lui présente tous mes remerciements.

Mes remerciements vont également:

- ✓ à tous les Professeurs de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi en particulier, Prof. Dr. Ir. SINSIN Brice, Prof. Dr. Ir. FONTON Noel, Prof. Dr. Ir. GLELE KAKAI Romain, Dr. Ir. ASSOGBADJO Achille E., Dr. Ir. HOUINATO Marcel pour leur remarquable contribution à ma formation ;
- ✓ aux Docteurs ATINDOGBE Gilbert, AOUDJI Augustin et les Ingénieurs GBETOHO Jaures, DAH-DOVONON Virgile-Marx, YEHOUEYOU-TESSI Donald, MENSAH Sylvanus, DEGUENONVO Nicaise pour leur disponibilité ;
- ✓ aux responsables de la Direction des Forêts et Ressources Naturelles (DFRN) pour m'avoir autorisé à effectuer mes recherches dans les forêts naturelles de Bonou et d'Itchède ;
- ✓ à Messieurs GBAGUIDI Roméo, ZANNOU Mariano, HOUNGUE Koffi Innocent et aux guides qui m'ont aidé à collecter les données de terrain ;
- ✓ à mes collègues de la 35<sup>è</sup> promotion de la FSA, particulièrement AVAKOUDJO Gracias, DOSSA-GBO Florent, ZANOUIVI Elvis et LIGAN Orphée ;
- ✓ à mes sœurs KAKPO Oyidola Charmance et KAKPO Oboubé Francine, ma grand-mère ADJALLA Claire Héloïse, mon grand-père ALAPINI Raymond Fabien, mes tantes et mes Oncles, ma fiancée EGOUNLETY Rose Eudoxie et Monsieur ATIMBA Pierre Dieudonné qui n'ont cessé de m'encourager à persévérer malgré toutes les difficultés qui ont jalonné le parcours ;

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

## **LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES**

**AGRN** : Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles

**Cm** : Centimètre

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

**CV** : Coefficient de Variation

**dbh** : Diameter at breast height

**ETP** : Evapotranspiration Potentielle

**FSA** : Faculté des Sciences Agronomiques

**GPS** : Global Positioning System

**m** : Mètre

**mm** : Millimètre

**Moy** : Moyenne

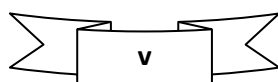
**PBF** : Projet Bois de Feu

**Prob** : Probabilité

**T°C** : Température en degré Celsius

**UAC** : Université d'Abomey-Calavi

**UICN** : Union mondiale pour la Nature



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de situation des forêts de Bonou et d'Itchède .....	4
Figure 2 : Carte de la forêt de Bonou montrant les placeaux géoréférencés .....	10
Figure 3 : Carte de la forêt d'Itchède montrant les placeaux géoréférencés .....	11
Figure 4 : Unité d'inventaire forestier .....	12
Figure 5 : Dispositif d'échantillonnage des espèces de valeur .....	14
Figure 6 : Structure en diamètre de la forêt de Bonou .....	19
Figure 7 : Structure en diamètre de la forêt d'Itchède .....	19
Figure 8 : Structure en hauteur de la forêt de Bonou .....	20
Figure 9 : Structure en hauteur de la forêt d'Itchède .....	20
Figure 10 : Structure en diamètre du <i>C. millenii</i> dans la forêt de Bonou .....	22
Figure 11 : Structure en diamètre du <i>C. millenii</i> dans la forêt d'Itchède.....	22
Figure 12 : Structure en hauteur du <i>C. millenii</i> dans la forêt de Bonou .....	23
Figure 13 : Structure en hauteur du <i>C. millenii</i> dans la forêt d'Itchède.....	23
Figure 14 : Structure en diamètre de <i>D. guineense</i> dans la forêt de Bonou .....	25
Figure 15 : Structure en diamètre de <i>D. guineense</i> dans la forêt d'Itchède.....	25
Figure 16 : Structure en hauteur de <i>D. guineense</i> dans la forêt de Bonou .....	26
Figure 17 : Structure en hauteur de <i>D. guineense</i> dans la forêt d'Itchède.....	26
Figure 18 : Structure en diamètre de <i>A. africana</i> dans la forêt de Bonou .....	28
Figure 19 : Structure en diamètre de <i>A. africana</i> dans la forêt d'Itchède.....	28
Figure 20 : Structure en hauteur de <i>A. africana</i> dans la forêt de Bonou .....	29
Figure 21 : Structure en hauteur de <i>A. africana</i> dans la forêt d'Itchède.....	29

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Interprétations des paramètres de forme « c » .....	13
Tableau 2 : Moyenne des paramètres dendrométriques des forêts de Bonou et d'Itchède .....	18
Tableau 3 : Densité moyenne de régénération des forêts de Bonou et d'Itchède.....	20
Tableau 4 : Paramètres dendrométriques de <i>Cola millenii</i> au sein des forêts de Bonou et d'Itchède.....	21
Tableau 5 : Densité relative de voisinage par catégorie d'anneau de <i>Cola millenii</i> dans les forêts de Bonou et d'Itchède .....	23
Tableau 6 : Densité moyenne de régénération de <i>Cola millenii</i> .....	24
Tableau 7 : Paramètres dendrométriques de <i>Dialium guineense</i> au sein des forêts de Bonou et d'Itchède.....	24
Tableau 8 : Densité relative de voisinage par catégorie d'anneau de <i>Dialium guineense</i> dans les forêts de Bonou et d'Itchède .....	26
Tableau 9 : Densité moyenne de régénération de <i>Dialium guineense</i> dans les forêts de Bonou et d'Itchède.....	27
Tableau 10 : Paramètres dendrométriques de <i>Azelia africana</i> au sein des forêts de Bonou et d'Itchède.....	28
Tableau 11 : Densité relative de voisinage par catégorie d'anneau de <i>Dialium guineense</i> dans les forêts de Bonou et d'Itchède .....	30
Tableau 12 : Densité moyenne de régénération de <i>A. africana</i> dans les forêts de Bonou et d'Itchède.....	31

## **LISTE DES PHOTOS**

Photo 1: Tronc de <i>Cola millenii</i> .....	7
Photo 2 : Feuille de <i>Cola millenii</i> .....	7
Photo 3 : Tronc de <i>Dialium guineense</i> .....	8
Photo 4 : Feuilles et fruits de <i>Dialium guineense</i> .....	8
Photo 5 : Tronc de <i>Afzelia africana</i> .....	9
Photo 6 : Feuilles de <i>Afzelia africana</i> .....	9

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Fiche d'inventaire (Mesure dendrométrique) .....	47
Annexe 2 : Fiche d'inventaire (dénombrement des individus) .....	48
Annexe 3 : Fiche d'inventaire des espèces de valeur .....	49
Annexe 4 : Résultats d'analyse log-linéaire d'ajustement à la distribution de Weibull :.....	50
Annexe 5 : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques .....	54
Annexe 6 : Liste des espèces inventoriées dans les forêts de Bonou et d'Itchède .....	56



## RESUME

Notre travail a pour objectif d'étudier les caractéristiques structurales et écologiques des forêts de Bonou et d'Itchède au sud-est du Bénin (latitudes 6°53' et 7°00' Nord et les longitudes 2°25' et 2°38' Est), en vue de contribuer à leur gestion durable. Les données ont été collectées par échantillonnage de type systématique à maille carrée de 100 m X 100 m sur des placeaux carrés de 0,25 ha. Au total nous avons inventorié 11 placeaux à Bonou et 20 placeaux à Itchède. 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 100m<sup>2</sup>. Les données collectées ont été traitées et analysées à l'aide des logiciels Minitab et SAS.

Les principaux résultats de notre étude indiquent que la densité moyenne des arbres est significativement différente au seuil de probabilité de 5% entre les deux forêts (316 pieds/ha dans la forêt de Bonou et 171 pieds/ha dans la forêt d'Itchède).

Quant aux espèces de valeur (*Cola millenii*, *Dialium guineense* et *Azelia africana*) leurs paramètres dendrométriques ne présentent aucune différence significative entre les forêts de Bonou et d'Itchède. Les densités des individus (dbh>10 cm) de ces espèces de valeur sont relativement faibles (16-254 individus/ha) quelle que soit la forêt, ce qui est indicateur d'un risque de disparition de ces espèces. *Cola millenii* et *Dialium guineense* dans les forêts étudiées présente une distribution en diamètre de forme exponentielle décroissante caractérisée par une dominance des individus jeunes. Cela suggère que ces espèces ont une bonne capacité de régénération et leur avenir est assuré. *Azelia africana* par contre est menacé de disparition dans les forêts étudiées, car l'espèce présente une distribution irrégulière en fonction des classes de diamètres et même des gaps de classes de diamètre.

Les populations de *Cola millenii* et de *Dialium guineense* dans un rayon de 10m autour des points repères ont une répartition agrégative. Au delà des 10 m plus précisément entre 10 m et 30 m, cette répartition devient progressivement dispersée. Cela est constaté dans les deux forêts. Par contre, *Azelia africana* observé dans la forêt d'Itchède a une répartition spatiale relativement dispersée dans un rayon de 30m alors que dans la forêt de Bonou, la répartition spatiale est agrégative dans un rayon de 10m puis relativement dispersée au-delà.

**Mots clés :** Paramètres dendrométriques, structure en diamètre, répartition spatiale, *Cola millenii*, *Dialium guineense*, *Azelia africana*, forêt de Bonou, forêt d'Itchède, Bénin

## ABSTRACT

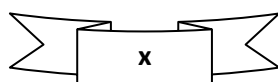
The aim of this research work was to study the structural and ecological characteristics of Bonou and Itchède forest reserve (latitudes 6°53' and 7°00' North and longitudes 2°25' and 2°38' East), in order to contribute to their sustainable management. Data were collected by means of systematic square sampling (100 m X 100 m) on 0.25 ha square plots. On the whole, we inventoried 11 plots in Bonou and 20 plots in Itchède. The dendrological parameters measured were the diameter at 1.3 m above the ground and the total height of the trees. In addition, the regeneration of the species of value was counted in squares plots of 100 m<sup>2</sup>. The collected data were analyzed using Minitab and SAS, softwares.

The average density of trees was significantly different for a probability level of 5% between the two forests (316 trees / ha in the Bonou's forest and 171 trees / ha in the Itchède's forest).

As for value species (*Cola millenii*, *Dialium guineense*, and *Azelia africana*) their dendrological parameters showed no significant difference between the Itchède and Bonou's forests. The tree-density of individuals (dbh > 10cm) of these species was relatively low (16-254 individuals/ha) whichever is the forest considered, which is an indicator of risk of extinction of these species. *Cola millenii* and *Dialium guineense* in the forests studied shows a decreasing exponential diameter distribution characterized by a dominance of young individuals. This suggests a good capacity for regeneration. Unlike *Dialium guineense* which has a height distribution bell-shaped with a decrease in numbers when the diameter increases. That suggests that these species have a good capacity of regeneration and their future is assured. *Azelia africana* on the other hand is threatened of disappearance in the studied forests, because the species presents an irregular distribution according to the classes of diameters and even of the gaps of classes of diameter.

*Cola millenii* and *Dialium guineense* populations are in a 10 m radius around bench marks are clumped distribution. Beyond 10 m more precisely between 10 m and 30 m, this distribution becomes gradually dispersed. This is found in both forests. Unlike, *Azelia africana* which observed in the Itchède's forest are relatively dispersed spatial distribution within 30 m, whereas in the Bonou's forest of which space is aggregative in a 10 m radius and relatively dispersed beyond.

**Keywords:** Dendrological parameters, diameter structure, spatial distribution, *millenii Cola*, *Dialium guineense*, *Azelia africana*, Bonou forest, Itchède forest, Benin.



# TABLE DES MATIÈRES

DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS .....	iv
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES .....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES PHOTOS.....	viii
LISTE DES ANNEXES .....	viii
RESUME .....	ix
ABSTRACT .....	x
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
1.3. Hypothèses de recherche.....	3
2. Caractéristiques générales du milieu .....	4
2.1. Situation géographique .....	4
2.2. Caractéristiques climatiques .....	4
2.3. Topographie, hydrographie et géologie.....	5
2.4. Végétation et faune.....	5
2.5. Milieu humain .....	6
3. Matériel et méthodes.....	7
3.1. Matériel .....	7
3.1.1. Matériel végétal .....	7
3.1.2. Matériel de collecte .....	9
3.2. Méthodes .....	9
3.2.1. Inventaire des forêts .....	9
3.2.2. Etude de la régénération.....	11
3.2.3. Distribution en diamètre et en hauteur des populations des espèces .....	12
3.2.4. Répartition spatiale des espèces de valeur.....	14
3.2.5. Traitement des données.....	15
4. Résultats .....	18
4.1. Caractéristiques structurales et écologiques des forêts de Bonou et d’Itchède .....	18

4.1.1.	Paramètres dendrométriques .....	18
4.1.2.	Structure en diamètre des forêts .....	18
4.1.3.	Structure en hauteur des forêts .....	19
4.1.4.	Densité de régénération.....	20
4.1.5.	Diversité floristique des forêts .....	20
4.2.	Caractéristiques structurales et écologiques de la population de <i>Cola millenii</i> .....	21
4.2.1.	Paramètres dendrométriques .....	21
4.2.2.	Structure en diamètre de <i>Cola millenii</i> .....	21
4.2.3.	Structure en hauteur .....	22
4.2.4.	Répartition spatiale .....	23
4.2.5.	Densité de régénération.....	24
4.3.	Caractéristiques structurales et écologiques des populations de <i>Dialium guineense</i> .....	24
4.3.1.	Paramètres dendrométriques .....	24
4.3.2.	Structure en diamètre .....	25
4.3.3.	Structure en hauteur .....	25
4.3.4.	Répartition spatiale .....	26
4.3.5.	Densité de régénération.....	27
4.4.	Caractéristiques structurales et écologiques des populations d' <i>Azelia africana</i> .....	27
4.4.1.	Paramètres dendrométriques .....	27
4.4.2.	Structure en diamètre .....	28
4.4.3.	Structure en hauteur .....	29
4.4.4.	Répartition spatiale .....	29
4.4.5.	Densité de régénération.....	30
5.	Discussion.....	32
5.1.	Caractéristiques dendrométriques des forêts étudiées.....	32
5.2.	Structure en diamètre et en hauteur .....	33
5.3.	Répartition spatiale .....	35
5.4.	Contraintes sylvicoles et recommandations pour une gestion durable des forêts .....	36
Conclusion .....		38
Références bibliographiques .....		40
ANNEXES.....		46



# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Problématique et Justification

Les écosystèmes forestiers sont extrêmement utiles et précieux à l'échelle planétaire et pour l'humanité toute entière car ils jouent un rôle essentiel, et bien connu, grâce aux nombreux services écosystémiques qu'ils procurent tels que la production de bois et des produits forestiers non ligneux, la conservation de la biodiversité, le stockage du carbone, l'atténuation des effets des changements climatiques, la protection de l'eau et des sols, les services culturels et culturels (Hounkpèvi et al., 2011).

L'utilisation durable de ces importants services écosystémiques forestiers passent par un aménagement et une gestion durable des forêts. La connaissance approfondie des caractéristiques structurales et écologiques des forêts est indispensable à cette fin. La densité, la structure en diamètre, en hauteur et la répartition spatiale d'une population sont des paramètres importants pour caractériser la démographie de la population (Herrero-Jáuregui et al., 2012). Selon Godoy (1992) repris par Hitimana et al. (2004), les contraintes à la gestion durable des forêts en Afrique Subsaharienne sont, entre autres, la connaissance limitée de l'état des forêts et de leurs conditions et fonctions en termes de structure, la composition, la régénération et l'évaluation quantitative des bénéfices tangibles et intangibles qu'on peut en tirer. Dans l'objectif de contribuer à lever ces contraintes et fournir des informations fiables pour l'aménagement et la gestion durables des forêts du Bénin, nous avons axé notre thème de recherche sur l'étude des caractéristiques structurales et écologiques des forêts de Bonou et d'Itchède au Sud-est du Bénin.

En effet, la structure spatiale d'un peuplement forestier décrit l'organisation des arbres dans l'espace. La répartition spatiale d'une espèce donne des idées sur l'occupation de l'espace par l'espèce et peut renseigner sur les mécanismes de dispersion des semences de l'espèce ainsi que ses préférences stationnelles (Comita et al., 2007 ; Nishimura et al., 2008). Elle renseigne également sur la biologie de l'espèce, l'utilisation des ressources de la forêt par l'espèce et comment l'espèce est utilisée comme ressource (Condit et al., 2000). Elle détermine en particulier l'environnement local autour de chaque arbre donc des conditions de croissance (Goreaud et al., 2005). Ainsi, l'analyse de la structure spatiale apparaît comme une piste importante, préalable à l'étude, à la description et à la modélisation de la dynamique des peuplements forestiers (Hoshino et al., 2001 ; Goreaud et al., 2002; Takahashi et al., 2003 ; Paluch & Bertkowicz, 2004).

La distribution par classes de diamètre varie en fonction des facteurs du milieu tels que les conditions environnementales, les conditions climatiques, les processus de régénération, la concurrence pour les ressources (Herrero-Jáuregui et al., 2012).

La structure en diamètre renseigne sur l'état sanitaire et le potentiel de renouvellement de la forêt et représente alors un outil important d'aménagement des peuplements forestiers (Pascal, 2003). La structure en diamètre d'une espèce donnée est très utile pour connaître ses problèmes éventuels de sylviculture, son écologie, sa biologie... (Dupy, 1998 ; Feeley et al., 2007 ; Yêhouéno Tessi et al., 2012).

La densité de la forêt ou de ses composantes en termes de nombre d'arbres/ha ou de surface terrière/ha renseigne sur la disponibilité et l'état des ressources en forêt.

Les forêts de Bonou et d'Itchède sont les dernières reliques de forêt naturelle (dense semi-décidue) du Sud Bénin et constituent un immense réservoir de diversité biologique (Gbaguidi, 1998). Il est donc indispensable pour une gestion durable de ces forêts, gages de l'utilisation durable des services écosystémiques, d'étudier leurs caractéristiques structurales et écologiques.

## **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 :

- Inventorier et décrire les caractéristiques structurales des forêts de Bonou et d'Itchède ;
- Décrire les caractéristiques structurales et écologiques des espèces de valeur des deux forêts ;
- Mettre en évidence les problèmes sylvicoles éventuels des espèces de valeur des deux forêts ;
- Proposer des mesures d'aménagement et de gestion durable des forêts de Bonou et d'Itchède.

### 1.3. Hypothèses de recherche

Nos hypothèses de recherche sont les suivantes :

- **H<sub>1</sub>** : Les caractéristiques structurales des forêts de Bonou et d'Itchède sont identiques
- **H<sub>2</sub>** : La répartition spatiale des espèces de valeur dans la forêt de Bonou et d'Itchède est aléatoire.
- **H<sub>3</sub>** : Les contraintes sylvicoles auxquelles sont soumises les populations d'espèces de valeurs sont identiques dans les forêts de Bonou et d'Itchède



## 2. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU MILIEU

### 2.1. Situation géographique

Notre étude a été réalisée dans les forêts de Bonou et d'Itchède au Sud-est du Bénin (figure 1).

La forêt classée de Bonou se trouve dans la partie Est de la Commune de Bonou située entre les latitudes 6°53' et 6°54' Nord et les longitudes 2°25' et 2°31' Est dans le Département de l'Ouémé au Sud-est du Bénin. Elle couvre une superficie de 197 ha.

La forêt d'Itchède est située dans l'arrondissement d'Adja-Ouère, commune d'Adja-Ouère. Elle est comprise entre 6°59' et 7°00' de latitude nord et entre 2°37' et 2°38' de longitude Est (PBF, 1999). Elle couvre une superficie d'environ 95 ha.

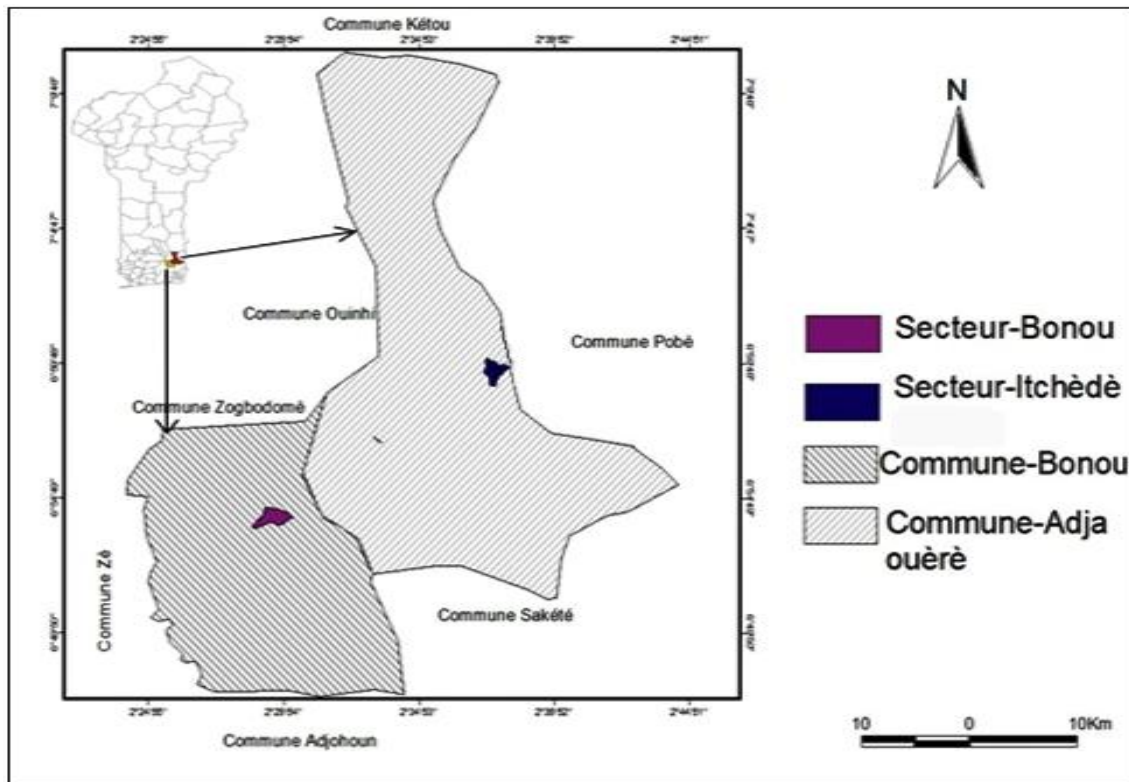


Figure 1 : Carte de situation des forêts de Bonou et d'Itchède (source : Sinasson, 2010)

### 2.2. Caractéristiques climatiques

Les forêts classés de Bonou et d'Itchède sont situés au Sud-est du Bénin et sont de ce fait soumis à un climat de type guinéen côtier équatorial (Adomou, 2005), 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 est de 1134 mm.

Selon les données recueillies de 2000 à 2010, le mois de Mars est le mois le plus chaud (35°C) et le mois d'août est le mois le plus froid (23°C) avec une variation des températures moyennes mensuelles autour de 25°C (CRA-PP, 2010).

### **2.3. Topographie, hydrographie et géologie**

La forêt classée de Bonou repose sur un versant. Au bas du versant se trouvent trois bras de cours d'eau nommés « Danto ». Leur présence a favorisé l'installation d'une forêt galerie.

La forêt d'Itchède se trouve dans une zone de transition entre le plateau de Pobè et la dépression de la Lama, comportant une majorité de terrains légèrement inclinés vers le Nord. L'altitude moyenne varie entre 60 et 120 mètres. La forêt est traversée par un ruisseau appelé Ayékpolá qui se jette dans la rivière Ilèkè, un affluent du fleuve Ouémé (PBF, 1999).

Du point de vue géologique, les zones d'étude (Bonou et Itchède) 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).

### **2.4. Végétation et faune**

La végétation de la forêt de Bonou est composée d'une forêt naturelle (forêt galerie) et d'une vaste jachère à *Chromolaena odorata* qui s'est développée à la suite d'une coupe rase de plantation de teck. La forêt galerie est une forêt dense semi-décidue caractérisée par les principales espèces suivantes : *Dyctiandra arborescens*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aidia genipiflora*.

La végétation de la forêt d'Itchède est composée majoritairement de forêt naturelle avec un sous-bois assez diversifié et dégradé par des prélèvements illicites opérés par les populations riveraines. Les espèces dominantes sont *Dyctiandra arborescens*, *Cola millenii*, *Triplochiton scleroxylon*, *Ceiba pentandra*, *Celtis zenkeri*, *Olax subscorpinoides*, *Antiaris toxicaria*, etc.

Dans les forêts classées de Bonou et d'Itchède on rencontre quelques espèces sauvages (Sinsin et al., 1997): *Francolinus bicalcaratus*, *Gallinula chloropus*, *Sylvicapra grimmia* et *Python sebae*. Quant à la faune aquatique de la zone d'étude, elle est dominée par les poissons appartenant aux familles des Clariidae, des Cichlidae, des Mormyridae et Mochokidae (Chakirou, 1991).

## 2.5. Milieu humain

Le recensement général de la population et de l'habitation de février 2002 (INSAE, 2003) a révélé que la population totale de la Commune de Bonou est de 29656 habitants avec une densité de (119 habitants/km<sup>2</sup>). Les populations à 97% parlent Fon. On rencontre aussi les ethnies telles que : Adja, Bariba, Dendi Yom Lokpa Peuhl, Otamari et Yoruba. On note un fort brassage du Christianisme (42%) et de l'Islam (5%) avec les religions traditionnelles (22%) (C/BADI, 2001).

Quant à la Commune d'Adja-Ouèrè, dans laquelle se situe la forêt classée d'Itchède, le recensement général de la population et de l'habitation de février 2002 (INSAE, 2003) donne une population de 81 497 habitants dont 52,14% de femmes. Les principales ethnies représentées dans la région sont les Fon, Nagot (groupes ethniques principaux), les Holli, les Tori et les Goun (PBF, 1999). La religion dominante du milieu est l'animisme. Le Christianisme et l'Islam sont également pratiqués.

Les Communes de Bonou et d'Adja-Ouèrè disposent d'énormes potentialités dans le domaine agricole. La zone agroécologique où se situent ces deux forêts est propice aux cultures de céréales (maïs), légumineuse (niébé) et racine (manioc).

L'élevage reste secondaire dans ces localités, et se résume à l'élevage de case dont l'apport monétaire n'est cependant pas négligeable. Il concerne surtout la volaille, les porcins, les caprins et quelques ovins.

La pêche quant à elle se pratique dans les bas-fonds et principalement dans le cours d'eau Danto à Bonou, dans la rivière Adjikoui qui traverse le périmètre classé du côté de Toffo et le ruisseau Ayékpola qui traverse la forêt d'Itchède.

Le commerce repose essentiellement sur les produits agricoles. Le marché est surtout animé par les agriculteurs et les grossistes venant des centres urbains les plus proches (Porto-Novo, Pobè).

### 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1. Matériel

##### 3.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est la forêt de Bonou et d'Ichèdè que nous avons décrites dans la partie milieu d'étude. A l'intérieur de ces forêts, nous nous sommes particulièrement intéressés aux espèces de valeur *Cola millenii*, *Dialium guineense* et *Azelia africana*.

*Cola millenii* ou Kola de singe (photo 1 et 2) localement appelé Alovi aton en Fon est un arbre pouvant atteindre 18 m de hauteur et généralement rencontré en forêt dense humide semi-décidue et forêt marécageuse dans la zone Ouest africaine (Akoègninou et al, 2006). *Cola millenii* est une plante alimentaire moyennement connue (N'Dri et al, 2008). Ses feuilles (photo 2) sont très utilisées en médecine traditionnelle et moderne (Sonibare et al, 2009). En médecine traditionnelle, les feuilles en décoction ou en macération soignent les ictères, les abcès et les éruptions cutanées diverses (Akoègninou et al, 2006).



Photo 1: Tronc de *Cola millenii*



Photo 2 : Feuille de *Cola millenii*

*Dialium guineense* ou tamarinier noir (photo 3 et 4) appelé également Asiswetin en Fon se trouve communément dans les forêts denses humides, les forêts denses sèches et les galeries forestières d'Afrique occidentale, centrale et de l'Ouest. Les fruits sont couramment vendus sur les marchés locaux et sont mangés secs, en guise de collation, par toutes les classes d'âge. Les fruits sont riches en minéraux, en sucres, ainsi qu'en acides tartrique, citrique, malique et ascorbique. Ils sont utilisés en cas de fièvre, de diarrhée et de palpitations, et comme traitement antibactérien. Le bois du tamarinier noir est dur, lourd et présente une texture fine. Il est utilisé

pour la fabrication de plancher et matériau local de construction. Il constitue également un combustible de bonne qualité et sert à produire du charbon.



Photo 3 : Tronc de *Dialium guineense*



Photo 4 : Feuilles et fruits de *Dialium guineense*

*Azelia africana* appelé kpakpagidé en Fon est l'une des espèces africaines disséminées dans toute l'actuelle zone de savane boisée de l'Afrique occidentale et orientale. On la trouve en galerie forestière, en forêt guinéenne et en savane soudanienne, sur terrains secs, sols sableux profonds et sols alluvionnaires. Au Bénin, *A. africana* se rencontre aussi bien dans certains boqueteaux de type xérophile ou tropical sec des savanes boisées de type guinéen (Aubreville, 1937). Il est également un peu partout au Bénin notamment dans la zone de la Lama, dans la région de Pobè, dans la région des Monts Kouffé et dans le bassin du fleuve Niger (Bonou, 2009). *Azelia africana* est exploitée par les populations pour différents buts à savoir, l'alimentation du bétail (Sinsin, 1993; Onana, 1998), la médecine traditionnelle (Kerharo et Adam, 1974; Adjanohoun et al., 1989; Ahouangonou et Bris, 1997; Sinsin et al., 2002) et surtout pour son bois de valeur (Ahouangonou et Bris, 1997; Bayer and Waters-Bayer, 1999).



Photo 5 : Tronc de *Afzelia africana*



Photo 6 : Feuilles de *Afzelia africana*

### 3.1.2. Matériel de collecte

Au cours de cette étude nous avons utilisé différents matériels pour la collecte des données dendrométriques et écologiques. Ainsi, le GPS (Global Positioning System) a été utilisé pour géoréférencer les placeaux inventoriés. La prise des mesures de diamètre des arbres inventoriés a été réalisée avec le ruban  $\pi$  ou ruban de diamètre. Un pentadécamètre a permis d'effectuer les différentes mesures de longueur. Un clinomètre et la boussole SUUNTO ont été 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. Le prélèvement des échantillons des espèces végétales non identifiées sur le terrain a été réalisé à l'aide d'un sécateur de jardinier et des papiers journaux pour le séchage et la conservation. La vue des éléments jugés importants pour notre étude a été prise grâce avec un appareil photo-numérique. Des banderoles de différentes couleurs ont permis de marquer les arbres de bordure et les arbres mesurés. Des fiches d'inventaire, un carnet de note et une écritoire ont été utilisés pour la prise de note. Nous nous sommes également munis des guides de reconnaissance des espèces (guide des adventices, catalogues, etc) pour l'identification des espèces.

## 3.2. Méthodes

### 3.2.1. Inventaire des forêts

L'échantillonnage des unités d'inventaire dans le cadre de cette étude a été de type systématique. Ce dernier est le plus préconisé dans les inventaires forestiers, car il réunit un grand nombre d'avantages, parmi lesquels il faut mentionner :

- La localisation plus facile des points de sondage impliquant un repérage rapide et des déplacements moins coûteux ;
- La distribution régulière des points sur l'ensemble de la population, ce qui procure fréquemment plus d'informations par unité de coût que si l'on utilise l'échantillonnage aléatoire (Rondeux, 1999).

L'échantillonnage de type systématique que nous avons utilisé est à maille carrée de 100 m X 100 m soit un point d'inventaire par hectare. C'est-à-dire que les placeaux sont posés à chaque 100m sur des layons parallèles équidistants de 100 m.

Les points de départ du dispositif dans chacune des forêts sont déterminés de façon aléatoire par tirage simple avec remise parmi les points de départ possibles (coins nord-est, nord-ouest, sud-est et sud-ouest). Ainsi, les points de départ du dispositif sont respectivement dans les forêts de Bonou et d'Itchède le sud-ouest suivant l'azimut 145° et le nord-est suivant l'azimut 260°. Une distance de 50m est observée de la voie la plus proche pour éviter les effets de bordure (Figures 2 et 3). Les unités d'échantillonnage sont des placeaux de dimension 50 m x 50 m soit 0,25 ha. Au sein de chaque placeau, des mesures dendrométriques telles que le diamètre et la hauteur sont prises sur les arbres adultes ( $dbh \geq 10$  cm).

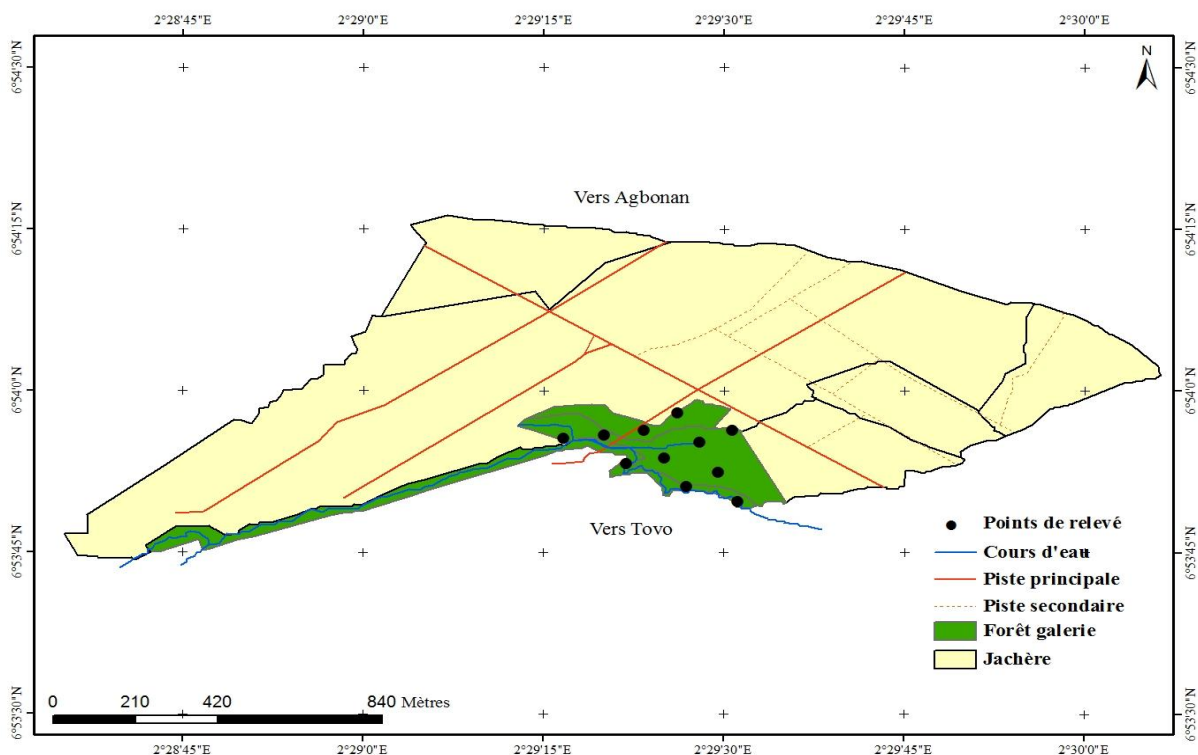


Figure 2 : Carte de la forêt de Bonou montrant les placeaux géoréférencés

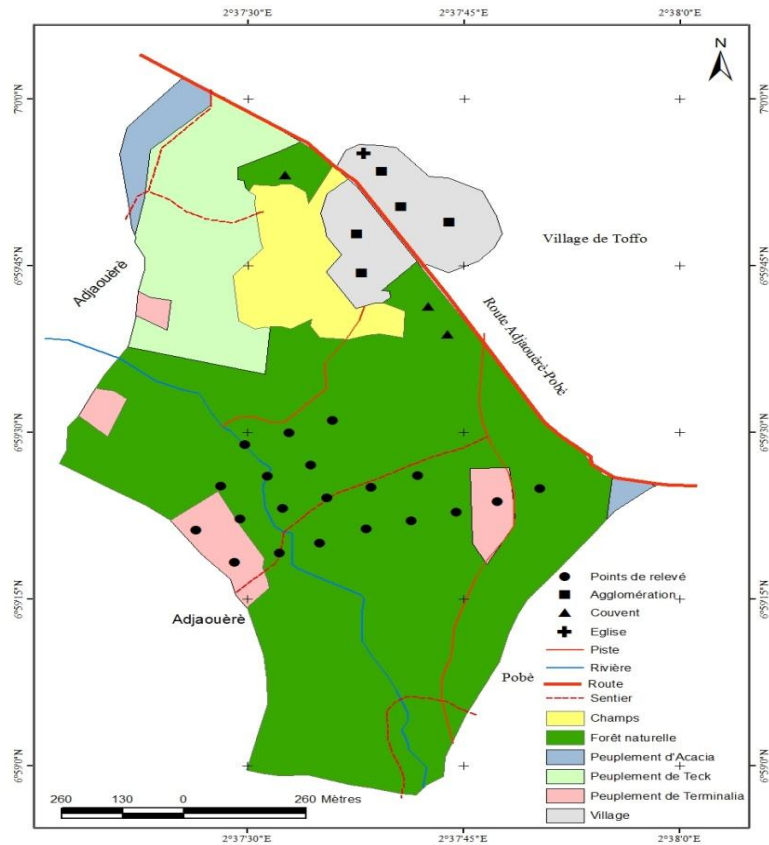


Figure 3 : Carte de la forêt d’Itchède montrant les placeaux géoréférencés

### 3.2.2. Etude de la régénération

L’étude de la régénération a consisté à estimer le potentiel en régénérations dans les forêts de Bonou et d’Itchède. Il est défini par la densité relative de régénération par essence de valeur (dr, 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.

Afin d’étudier la régénération, nous avons fait un échantillonnage aléatoire. Les unités d’échantillon sont des quadrats de 10 m de côté disposés sur la diagonale du placeau (50m x 50 m) (Dessard & Bar-Hen, 2004). Les quadrats contigus répartis géographiquement dans l’unité d’inventaire améliorent les estimations relatives aux régénérations (production de graines, densité de régénération, etc.).

Dans chaque placeau est installé un quadrat ou placette pour étudier la régénération (Figure 4). Un dénombrement de la régénération toutes espèces confondues est réalisé, ce qui nous a permis d’estimer la régénération au niveau des forêts et, en triant, d’estimer la régénération au niveau des populations des espèces de valeur étudiées.



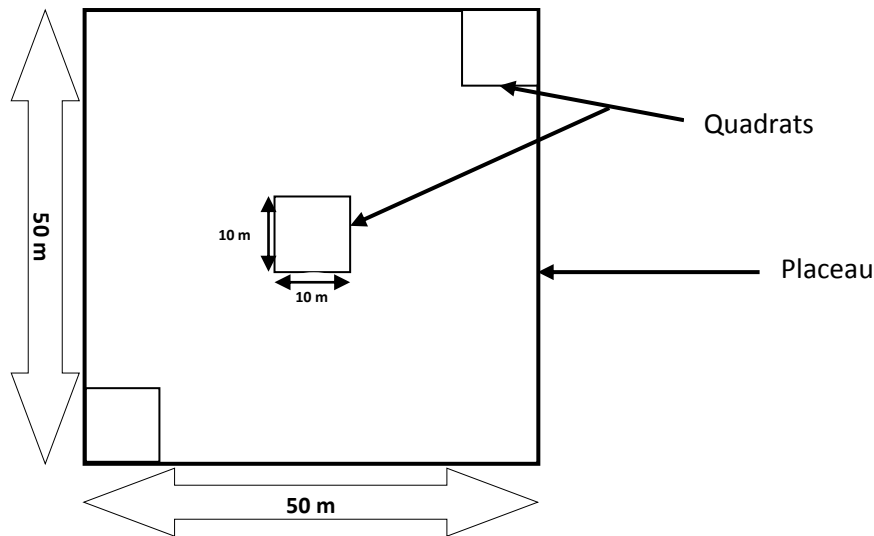


Figure 4 : Unité d'inventaire forestier

Afin d'avoir une idée claire sur le taux de survie des jeunes plants à travers les stades de développement de la forêt, nous avons considéré trois classes de régénération (Feeley et *al.* 2007) :

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

### 3.2.3. Distribution en diamètre et en hauteur des populations des espèces

L'aménagement des peuplements forestiers nécessite la maîtrise de la structure en diamètre et en hauteur des arbres. Ces structures sont révélatrices des événements liés à la vie des peuplements (Rondeux, 1999). La connaissance de la distribution par classes de diamètre ou de hauteur est indispensable pour renseigner sur l'écologie des espèces, les contraintes sylvicoles éventuelles et l'état de la ressource (Herrero-Jáuregui et al., 2012).

L'ensemble des individus de chaque espèce de valeur, seront répartis par classes de diamètre d'amplitude de 10 cm. Ainsi, les densités d'arbres (en arbres/ha) par classes de diamètre seront déterminées.

En ce qui concerne la structure en hauteur, les arbres ont été regroupés par catégories de hauteur. Les classes ainsi constituées ont pour amplitude 5m. Les fréquences absolues par classes de hauteur sont déterminées et ont servi au calcul de la densité (en arbres/ha) par classes de hauteur.

Les différents histogrammes ont été ajustés à la distribution de Weibull à 3 paramètres (a, b et c). Cette distribution assez couramment citée dans la littérature forestière se caractérise par une plus grande souplesse d'emploi. Sa fonction de densité de probabilité se présente sous la forme ci- dessous (Rondeux, 1999) :

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

Où x = diamètre des arbres;

a =10 cm pour les structures en diamètre; a=5 cm pour les structures en hauteur;

b = paramètre d'échelle lié à la valeur centrale des diamètres ou hauteurs;

c= paramètre de forme lié à la structure en diamètre ou hauteur considérée.

Pour chaque peuplement et chaque population concernée, les données de diamètre ou de hauteur des arbres ont servi à l'estimation des paramètres *a*, *b* et *c* grâce à la méthode du maximum de vraisemblance disponible dans le langage MatLab (versionR2006a). La distribution de Weibull peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme *c*.

**Tableau 1 : Interprétations des paramètres de forme « c »**

Valeur	Interprétation
$c < 1$	La distribution est en «J renversé», caractéristique des peuplements multi-spécifiques ou inéquiennes
$c = 1$	La distribution est exponentiellement décroissante, caractéristique des populations à fort potentiel de régénération
$1 < c < 3,6$	La distribution est asymétrique droite ou asymétrique positive, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de petits diamètres
$c = 3,6$	La structure est anormale, le peuplement présente un problème de régénération
$c > 3,6$	La distribution est asymétrique gauche ou asymétrique négative, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés ou de gros diamètres

Source : Rondeux, 1999

L'analyse log-linéaire (ou analyse de variance basée sur le maximum de variance) est réalisée pour comparer dans chaque cas, la distribution observée à la distribution théorique de Weibull avec estimation des paramètres.

### 3.2.4. Répartition spatiale des espèces de valeur

Pour étudier la répartition spatiale des espèces de valeur, nous avons compté par espèce et pour chaque individu de diamètre  $\geq 1$  cm, le nombre d'individus de l'espèce se trouvant dans un rayon de 10 m, puis sur une bande de 10 à 20 m et de 20 à 30 m autour de chacun des individus de l'espèce considérée (Condit et al., 2000) (Figure 5). Cette méthode permet le calcul de la densité relative de voisinage  $\Omega$  de chaque espèce étudiée. 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 ou de distribution, mais elle décrit la structure spatiale de manière continue. Cet indice peut être comparé à la fonction K de Ripley. Il permet aussi d'avoir des connaissances plus explicites sur la spatialisation et sur des interactions entre les arbres sur des séquences de distances.

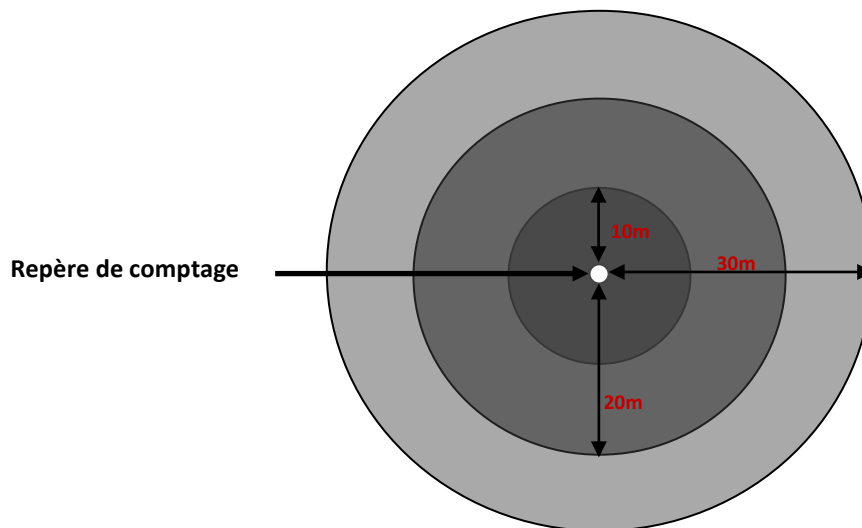


Figure 5 : Dispositif d'échantillonnage des espèces de valeur

$$\Omega_x = \frac{D_x}{D_s} \quad (1)$$

Avec  $D_x$  la densité spécifique et  $D_s$  la densité relative  $D_x = \frac{\sum N_x}{\sum A_x}$  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.

L'interprétation se fait par rapport aux différentes valeurs obtenues. En effet, si  $\Omega_x=1$ , la distribution est dite aléatoire  
 $\Omega_x >1$ , la distribution est dite agrégative  
 $\Omega_x < 1$  ; on parle d'hyperdispersion.

### 3.2.5. Traitement des données

➤ **La densité du peuplement**

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

$$N = \frac{n}{s} \quad (1)$$

$n$  étant le nombre total d'arbres par placette et  $s$  la surface en ha de la placette

➤ **La densité de régénération**

$$N_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

$y_i$  étant la densité de régénération dans l'unité d'échantillonnage  $i$  tandis que  $n$  est le nombre total d'unités d'échantillonnage.

➤ **Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne ( $D_g$ , en cm)**

$$D_g = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (3)$$

$n$  est le nombre d'arbre de dbh  $\geq 10$  cm à l'intérieur du placeau et  $d_i$  diamètre en cm de l'arbre  $i$ .

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

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

$g_i$ ,  $h_i$  et  $d_i$  respectivement la surface terrière et 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 des sections transversales à hauteur d'homme (1,3 m) de tous les arbres de  $dbh \geq 10$  cm, à l'intérieur du placeau ;

$$G = \frac{0,0001\pi}{4s} \sum_{i=1}^n d_i^2, \quad (5)$$

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

➤ **La richesse spécifique**

La richesse spécifique est apparemment un indice de diversité extrêmement simple. Notée  $S$ , elle est le nombre (ou une fonction croissante du nombre) de catégories différentes présentes dans le système étudié, par exemple le nombre d'espèces d'arbres dans une forêt (Marcon, 2011).

➤ **L'indice de diversité de Shannon (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.

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{n} \log_2 \frac{n_i}{n} \quad (6)$$

$n_i$  = 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 (Marcon, 2011).

➤ **L'équitabilité de Pielou**

La régularité de la distribution des espèces (équitabilité en Français, *evenness* en Anglais) est un élément important de la diversité. Une espèce représentée abondamment ou par un individu n'apporte pas la même contribution à l'écosystème (Marcon, 2011).

$$Eq = \frac{H}{H_{max}} \text{ avec } H_{max} = \log_2 S \quad (7)$$

$H_{max}$  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 des individus

(Marcon, 2011). Lorsque  $E_q < 0,6$ , il y a une espèce dominante et les autres le sont moins ou il s'agit d'une communauté peu diversifiée. S le nombre total d'espèces.

A partir des données d'inventaire des forêts de Bonou et d'Itchède la structure en hauteur et en diamètre du peuplement ont été établies ainsi que leur ajustement à la distribution de Weibull qui caractérise mieux la variabilité des formes des structures de peuplements forestiers. Pour s'assurer du bon ajustement de la structure observée à la distribution théorique, il est nécessaire de réaliser un test statistique d'ajustement. La méthode statistique souvent utilisée à cet effet est le test Chi-carré d'ajustement de Pearson ou l'une de ses variantes (Dagnelie, 1998). Néanmoins, il est à reconnaître que ces tests sont imprécis dans des situations de faibles effectifs de classes ou de faible nombre de classes. Des procédures Minitab et SAS relatives à la construction de ces structures, à leur ajustement à la distribution théorique de Weibull par l'analyse log linéaire ont été conçues.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1. Caractéristiques structurales et écologiques des forêts de Bonou et d'Itchède

#### 4.1.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques des forêts de Bonou et d'Itchède sont présentés au tableau 2 et les indices relatifs à leur dispersion sont présentés au tableau 3. On note que la densité moyenne des arbres sur pied (N) et le diamètre moyen des arbres sont significativement différents (Prob < 0,05). Par contre la surface terrière (G) et la hauteur moyenne de Lorey (HL) présentent des différences non significatives entre les deux forêts (Prob > 0,05).

Tableau 2 : Moyenne des paramètres dendrométriques des forêts de Bonou et d'Itchède

Paramètres	Bonou	Itchède
	Moy	Moy
Densité (N, tiges/ha)	316a	171b
Surface terrière (G, m <sup>2</sup> /ha)	24,40a	20,36a
Diamètre (Dg, cm)	24,93a	30,89b
Hauteur moyenne (Hmoy, m)	14,33a	14,66a
Hauteur moyenne de Lorey (HL, m)	21,42a	23,01a

Moy : moyenne ; sur une même ligne, les chiffres affectés des mêmes lettres ne présentent pas de différence significative au seuil de 5%.

#### 4.1.2. Structure en diamètre des forêts

Une différence très hautement significative entre les classes de diamètre du point de vue de leurs fréquences est notée au niveau de la structure en diamètre des deux forêts. Ceci est assez évident puisque dans une telle structure, les individus jeunes sont nettement plus fréquents que les individus adultes. On remarque, en analysant la structure des deux forêts, que la différence entre la distribution observée et la distribution théorique de Weibull n'est pas significative (Prob = 0.62 à Bonou et 0.73 à Itchède) et indique globalement une concordance entre la structure observée et celle déduite de la distribution de Weibull.

On note des figures 6 et 7 que la structure en diamètre des peuplements présente une forme en « J renversé » avec le paramètre de forme,  $c$  prenant une valeur inférieure à 1. Cette structure est donc régressive. Il est rare d'observer plus de 10 arbres à l'hectare pour des diamètres allant au delà de 60 cm. Que ce soit dans la forêt de Bonou ou d'Itchède, les individus de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm sont les plus représentés à l'hectare. Les individus de diamètre supérieur à 110 cm sont rares au sein des deux forêts.

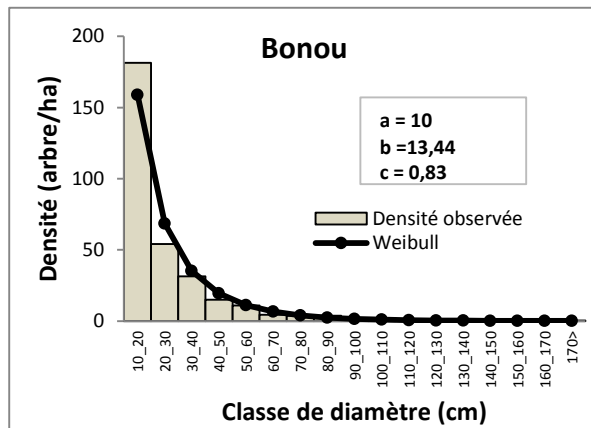


Figure 6 : Structure en diamètre de la forêt de Bonou

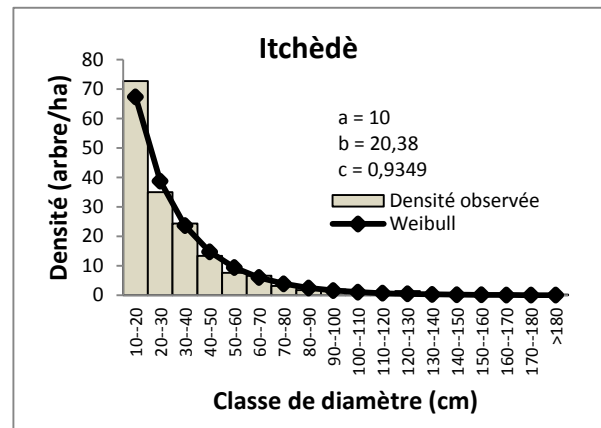


Figure 7 : Structure en diamètre de la forêt d'Itchède

#### 4.1.3. Structure en hauteur des forêts

On remarque en analysant la structure en hauteur des deux forêts que le test lié à la différence entre la distribution observée et la distribution théorique de Weibull n'est pas significative (Prob = 0,88 à Bonou et 0,74 à Itchède) et indique globalement une adéquation entre la structure observée et celle attendue sur la base de la distribution de Weibull.

La distribution en hauteur dans les forêts de Bonou et d'Itchède est de forme exponentielle négative (figures 8 et 9). Le paramètre de forme est égal à 1,31 dans la forêt de Bonou et 1,18 dans la forêt d'Itchède. On note une prédominance d'individus de petites hauteurs. Les sujets dont la hauteur est comprise entre 4 m et 12 m sont les plus nombreux à l'hectare. Les sujets de hauteur supérieure à 36 m sont faiblement représentés dans les différentes forêts.



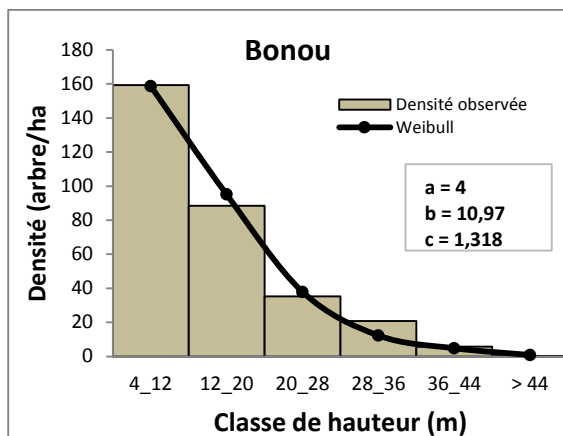


Figure 8 : Structure en hauteur de la forêt de Bonou

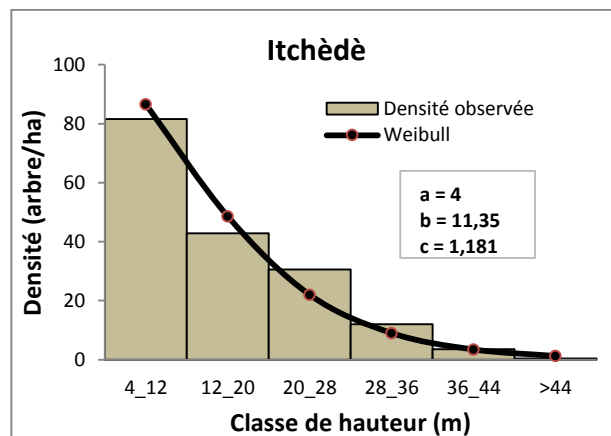


Figure 9 : Structure en hauteur de la forêt d'Itchède

#### 4.1.4. Densité de régénération

La densité moyenne globale de régénération (toutes espèces confondues) est estimée à 2006 tiges/ha dans la forêt de Bonou alors qu'elle est de 1987 tiges/ha dans la forêt d'Itchède (tableau 3). Il est à constater que la densité de régénération va décroissant suivant les stades croissants de développement quelle que soit la forêt.

Tableau 3 : Densité moyenne de régénération des forêts de Bonou et d'Itchède

Forêts	Classe de régénération			Densité moyenne globale (tiges/ha)
	Plantules (dbh<10 mm)	Juveniles (10 mm ≤ dbh<50 mm)	Petites perches (50mm ≤ dbh<100 mm)	
Bonou	1233,33	654,54	118,18	2006
Itchède	1138,33	685	178,33	1987

#### 4.1.5. Diversité floristique des forêts

De façon globale, la richesse en espèces des individus arborescents (dbh ≥ 10cm) dans la forêt de Bonou est de 38 espèces avec un indice de diversité de Shannon égal à 4,6 bits qui traduit une inégale répartition des individus des espèces présentes et aussi une forte diversité spécifique, en comparaison avec l'indice de diversité maximal théorique de Shannon lié au peuplement étudiée ( $H_{max} = \log S = 5,2$  bits). L'indice d'équitabilité de Pielou est égal à 0,9. On note dans l'ordre de rang décroissant d'abondance certaines espèces : *Dyctiandra arborescens*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aidia genipiflora*, *Tabernaemontana pachysiphon*, *Anthothona macrophylla*, *Terminalia superba* et *Cola millenii*.

Dans la forêt d'Itchède, la richesse en espèces des individus arborescents (dbh ≥ 10cm) est de 53 espèces avec un indice de diversité de Shannon égal à 5,03 bits qui traduit une forte diversité spécifique, en comparaison de l'indice de diversité maximal théorique de Shannon ( $H$

max =  $\text{Log } S = 5,73$  bits). L'indice d'équitabilité de Piélou est égal à 0,88. On note dans l'ordre de rang décroissant d'abondance certaines espèces : *Dyctiandra arborescens*, *Cola millenii*, *Triplochiton scleroxylon*, *Ceiba pentandra*, *Celtis zenkeri*, *Olax subscorpinoides*, *Antiaris toxicaria*.

## 4.2. Caractéristiques structurales et écologiques de la population de *Cola millenii*

### 4.2.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques des populations de *Cola millenii* dans les différentes formations sont présentés au tableau 4. On note que la densité moyenne des arbres sur pied (N), le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg), la surface terrière (G), la hauteur moyenne et la hauteur moyenne de Lorey (HL) présentent tous des différences non significatives entre les deux forêts (Prob > 0,05).

**Tableau 4 : Paramètres dendrométriques de *Cola millenii* au sein des forêts de Bonou et d'Itchède**

Paramètres	Bonou	Itchède
	Moy	Moy
Densité (N, tiges/ha)	4,18	11
Surface terrière (G, m <sup>2</sup> /ha)	0,31	0,25
Diamètre (Dg, cm)	14,29	16,3
Hauteur moyenne (Hmoy, m)	9,52	9,75
Hauteur Moyenne de Lorey (HL, m)	9,69	9,82

Moy : moyenne

### 4.2.2. Structure en diamètre

En analysant la structure en diamètre de *Cola millenii* dans les deux forêts, on remarque que la différence entre la distribution observée et la distribution théorique de Weibull n'est pas significative (Prob = 0,77 à Bonou et 0,43 à Itchède) et indique globalement une concordance entre la structure observée et celle déduite de la distribution de Weibull.

On note des figures 10 et 11 que la structure en diamètre de la population de *Cola millenii* dans les deux forêts présente une distribution asymétrique droite ou asymétrique positive. Le paramètre de forme est égal à 1,228 dans la forêt de Bonou et 1,327 dans la forêt d'Itchède; tous compris entre 1 et 3,6. On note une prédominance d'individus de *Cola millenii* de petits diamètres. Les sujets dont le diamètre est compris entre 10 cm et 18 cm sont les plus nombreux à

l'hectare. Les classes modales dans les forêts de Bonou et d'Itchède sont respectivement 10 à 14 cm et 14 à 18 cm. Les sujets de diamètre supérieur à 26 cm sont faiblement représentés dans les différentes forêts. Nous notons cependant que les fréquences de distribution sont irrégulières dans les classes de diamètre supérieures ( $dg > 20\text{cm}$ )

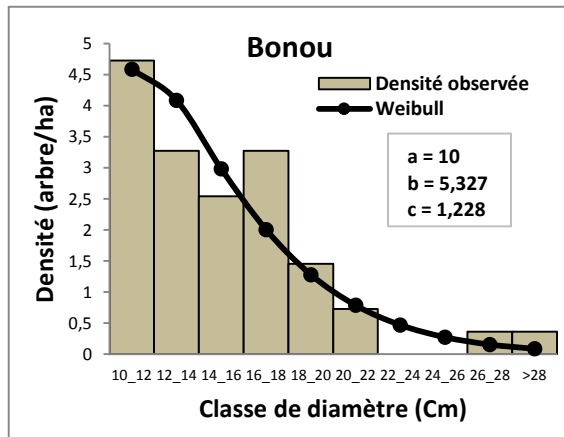


Figure 10 : Structure en diamètre du *C. millenii* dans la forêt de Bonou

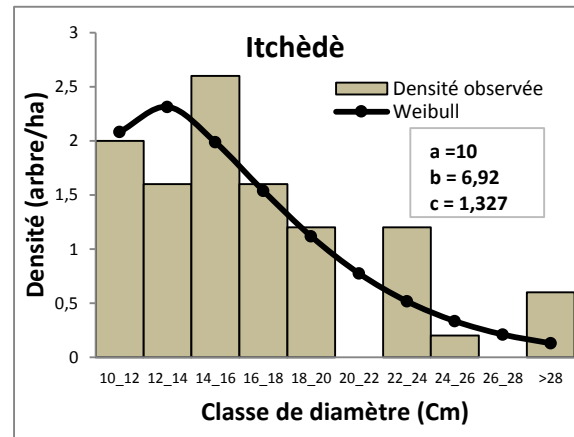


Figure 11 : Structure en diamètre du *C. millenii* dans la forêt d'Itchède

#### 4.2.3. Structure en hauteur

On remarque en analysant la structure en hauteur de *Cola millenii* dans les deux forêts que la différence entre la distribution observée et la distribution théorique de Weibull n'est pas significative (Prob = 0,74 à Bonou et 0,91 à Itchède) et indique globalement une adéquation entre la structure observée et celle attendue sur la base de la distribution de Weibull.

Les distributions en hauteur de la population de *Cola millenii* dans les différentes formations végétales sont présentées aux figures 12 et 13. Le paramètre de forme (c) est égal à 1,747 dans la forêt de Bonou et 1,416 dans la forêt d'Itchède. Le paramètre c est compris entre 1 et 3,6 quelle que soit la forêt. Il est donc évident que la distribution en hauteur de la population de *Cola millenii* dans les forêts de Bonou et d'Itchède est asymétrique droite ou asymétrique positive. Les sujets dont la hauteur est comprise entre 4 m et 12 m sont les plus nombreux à l'hectare. Les sujets de hauteur supérieure à 16 m sont faiblement représentés dans les différentes forêts.

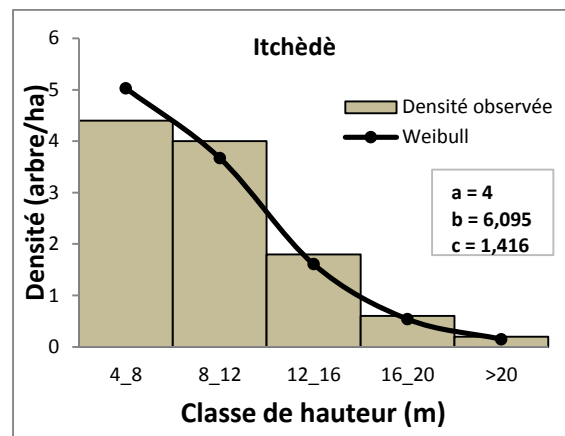
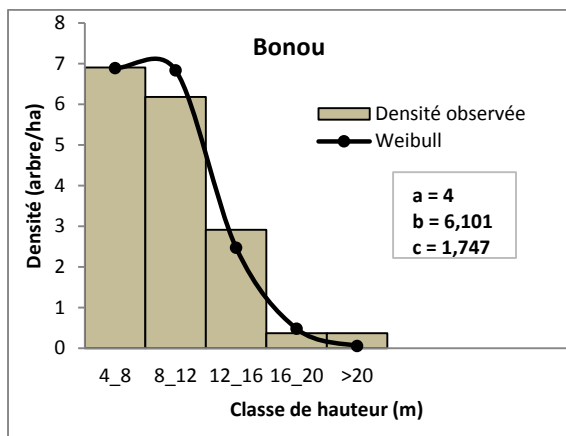


Figure 12 : Structure en hauteur du *C. millenii* dans la forêt de Bonou      Figure 13 : Structure en hauteur du *C. millenii* dans la forêt d'Itchède

#### 4.2.4. Répartition spatiale

D'après la méthode de densité relative de voisinage que nous avons utilisée, on déduit trois classes de densité relative de voisinage dans chaque anneau pour lesquelles  $\Omega$  prend les valeurs suivantes :  $\Omega > 1$  ;  $\Omega = 1$  et  $\Omega < 1$ . La proportion de chaque classe par rapport au nombre total de placeaux inventoriés et suivant les catégories d'anneau est consignée dans le tableau ci-après.

Tableau 5 : Densité relative de voisinage par catégorie d'anneau de *Cola millenii* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêts	Bonou			Itchède		
	$\Omega_{0-10}$	$\Omega_{10-20}$	$\Omega_{20-30}$	$\Omega_{0-10}$	$\Omega_{10-20}$	$\Omega_{20-30}$
$\Omega > 1$	100	0	0	95	0	0
$\Omega = 1$	0	0	0	0	0	0
$\Omega < 1$	0	100	100	5	100	100

Le tableau 5 montre que sur un rayon de 10 m autour d'un pied de *Cola millenii*, la densité relative de voisinage de ce dernier est supérieure à 1 dans l'ensemble des placeaux inventoriés à Bonou. A Itchède, dans 95% des cas, la densité relative de voisinage de *Cola millenii* est supérieure à 1 (soit 19 sur 20 observations). Nous pouvons conclure que sur un rayon de 10 m la distribution de *Cola millenii* est agrégative ( $\Omega > 1$ ).

Au-delà d'un rayon de 10 m autour d'un pied de *Cola millenii* plus précisément sur les anneaux de 10 à 20 m et de 20 à 30 m la totalité des placeaux présente une répartition spatiale non agrégative et donc relativement dispersée de *Cola millenii* ( $\Omega < 1$ ), quelle que soit la forêt.

#### 4.2.5. Densité de régénération

La densité moyenne globale de régénération (tableau 6) est estimée à 254,54 tiges/ha pour *Cola millenii* dans la forêt de Bonou alors qu'elle est de 153,33 tiges/ha dans la forêt d'Itchède. Notons que la densité de régénération va décroissant suivant les stades de développement.

**Tableau 6 : Densité moyenne de régénération de *Cola millenii***

Forêts	Classe de régénération			Densité moyenne globale (tiges/ha)
	Plantules (dbh<10 mm)	Juveniles (10 mm ≤ dbh<50 mm)	Petites perches (50mm ≤ dbh<100 mm)	
Bonou	215,15	42,42	6,06	254
Itchède	100	41,67	11,67	153

### 4.3. Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Dialium guineense*

#### 4.3.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques des populations de *Dialium guineense* dans les différentes formations sont présentés au tableau 11. On note que la densité moyenne des arbres sur pied (N), le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg), la surface terrière (G) et la hauteur moyenne de Lorey (HL) présentent tous des différences non significatives entre les deux forêts (Prob > 0,05).

**Tableau 7 : Paramètres dendrométriques de *Dialium guineense* au sein des forêts de Bonou et d'Itchède**

Paramètres	Bonou	Itchède
	Moy	Moy
Densité (N, tiges/ha)	8	5,6
Surface terrière (G, m <sup>2</sup> /ha)	0,61	0,46
Diamètre (Dg, cm)	22,88	12,19
Hauteur moyenne (Hmoy, m)	12,59	6,49
Hauteur Moyenne de Lorey (HL, m)	13,55	6,85

Moy : moyenne

### 4.3.2. Structure en diamètre

Les résultats d'analyse log-linéaire effectuée sur ces structures indiquent un bon ajustement des données à la distribution de Weibull (Prob = 0.81 à Bonou et 0.87 à Itchède) au seuil de 5%.

On note des figures 14 et 15 que la structure en diamètre de la population de *Dialium guineense* dans les deux forêts présente une distribution asymétrique droite ou asymétrique positive. Le paramètre de forme est égal à 1,253 dans la forêt de Bonou et 1,709 dans la forêt d'Itchède; tous compris entre 1 et 3,6. On note une prédominance d'individus de *Dialium guineense* de petits diamètres. Les sujets dont le diamètre est compris entre 10 cm et 20 cm sont les plus nombreux à l'hectare. Les sujets de diamètre supérieur à 60 cm sont faiblement représentés dans les différentes forêts.

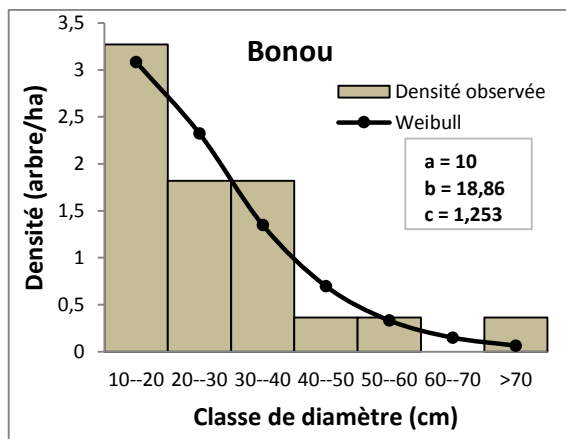


Figure 14 : Structure en diamètre de *D. guineense* dans la forêt de Bonou

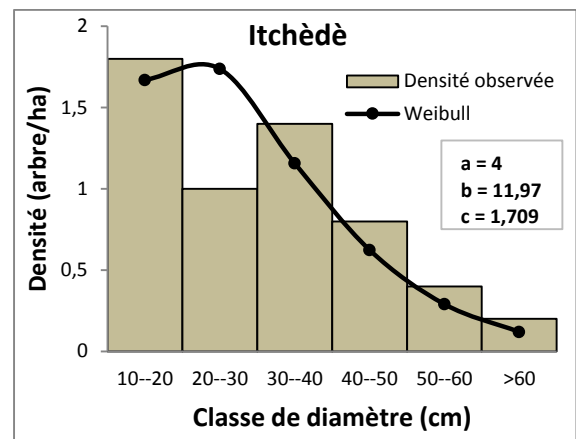


Figure 15 : Structure en diamètre de *D. guineense* dans la forêt d'Itchède

### 4.3.3. Structure en hauteur

On remarque en analysant la structure en hauteur des deux forêts que la différence entre les deux distributions n'est pas significative (Prob = 0,06 à Bonou et 0,98 à Itchède) et indique globalement une adéquation entre la structure observée et celle attendue sur la base de la distribution de Weibull.

Le paramètre de forme (c) est égal à 1,759 dans la forêt de Bonou et 1,709 dans la forêt d'Itchède. Le paramètre c est compris entre 1 et 3,6 quelle que soit la forêt. Il est donc évident que la distribution en hauteur de la population de *Dialium guineense* dans les forêts de Bonou et d'Itchède est asymétrique droite ou asymétrique positive. Les classes modales dans les forêts de Bonou et d'Itchède sont respectivement 8 à 14 m et 16 à 20 m. Les sujets de hauteur supérieur à 20 m sont faiblement représentés dans la forêt de Bonou et ceux supérieur à 24 m dans la forêt d'Itchède.

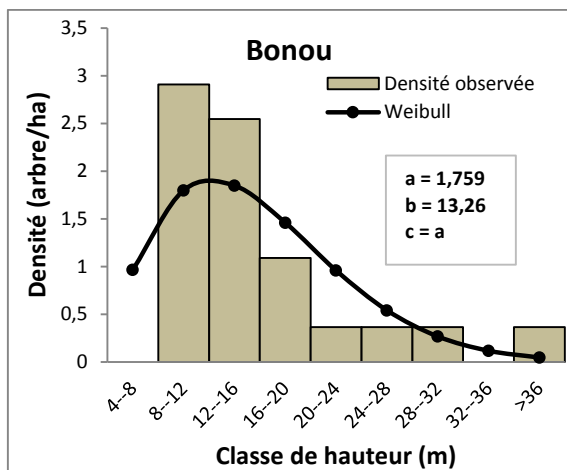


Figure 16 : Structure en hauteur de *D. guineense* dans la forêt de Bonou

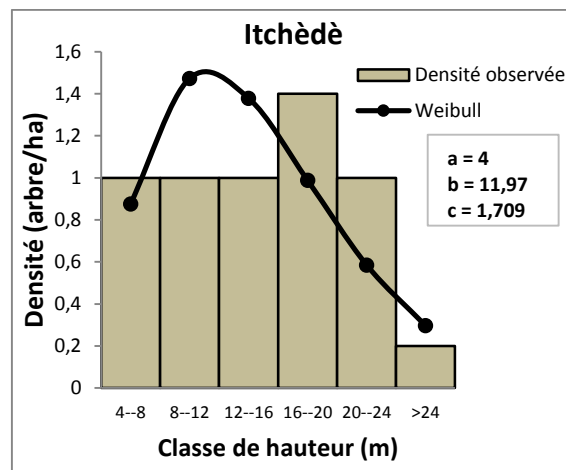


Figure 17 : Structure en hauteur de *D. guineense* dans la forêt d'Itchède

#### 4.3.4. Répartition spatiale

D'après la méthode de densité relative de voisinage, on déduit trois classes la densité relative de voisinage dans chaque anneau pour lesquelles  $\Omega$  prend les valeurs suivantes :  $\Omega > 1$  ;  $\Omega = 1$  et  $\Omega < 1$ . La proportion de chaque classe par rapport au nombre total de placeaux inventoriés et suivant les catégories d'anneau est consignée dans le tableau 8

Tableau 8 : Densité relative de voisinage par catégorie d'anneau de *Dialium guineense* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêts	Bonou			Itchède		
	$\Omega_{0-10}$	$\Omega_{10-20}$	$\Omega_{20-30}$	$\Omega_{0-10}$	$\Omega_{10-20}$	$\Omega_{20-30}$
$\Omega > 1$	81,81	18,19	0	70	10	0
$\Omega = 1$	0	0	0	0	0	0
$\Omega < 1$	18,19	81,81	100	30	90	100

Le tableau 8 montre que sur un rayon de 10m autour d'un pied de *Dialium guineense*, la densité relative de voisinage de ce dernier est supérieure à 1 dans 81,81% (soit 9 sur 11 observations) des placeaux inventoriés à Bonou. A Itchède, dans 70% des cas, la densité relative de voisinage de *Dialium guineense* est supérieure à 1 (soit 14 sur 20 observations). Nous pouvons conclure que sur un rayon de 10 m, la distribution de *Dialium guineense* est agrégative ( $\Omega > 1$ ).

Sur les anneaux de 10 à 20 m, 81,81% (9 sur 11 observations) des placeaux à Bonou et 90% (18 sur 20 observations) à Itchède ont une densité relative de voisinage de *Dialium guineense* inférieure à 1. La répartition spatiale de *Dialium guineense* sur les anneaux de 10 à 20

m est relativement dispersée. Sur un anneau de 20 à 30 m dans l'ensemble des placeaux, quelque soit la forêt, la densité relative de voisinage de *Dialium guineense* est inférieure à 1. La population de *Dialium guineense* est donc relativement au-delà d'un rayon de 20 m jusqu'à 30 m.

#### 4.3.5. Densité de régénération

La densité moyenne globale de régénération (tableau 9) est estimée à 57,57 tiges/ha pour *Dialium guineense* dans la forêt de Bonou alors qu'elle est de 58,33 tiges/ha dans la forêt d'Itchède. Comme dans le cas de *Cola millenii*, la densité de régénération va décroissant suivant la classe d'âge. Dans la forêt de Bonou la densité de régénération est de 42,42 tiges/ha au niveau des plantules (dbh<10 mm), 12,12 tiges/ha au niveau des juvéniles (10 mm ≤ dbh<50 mm) et de 3,03 tiges/ha au niveau des petites perches (50mm ≤ dbh<100 mm). Dans la forêt d'Itchède, la densité de régénération est de 35 tiges/ha au niveau des plantules, 20 tiges/ha au niveau des juvéniles et de 3,33 tiges/ha au niveau des petites perches.

Tableau 9 : Densité moyenne de régénération de *Dialium guineense* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêts	Classe de régénération			Densité moyenne globale (tiges/ha)
	Plantules (dbh<10 mm)	Juvéniles (10 mm ≤ dbh<50 mm)	Petites perches (50mm ≤ dbh<100 mm)	
Bonou	42,42	12,12	3,03	57,57
Itchède	35	20	3,33	58,33

#### 4.4. Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Azelia africana*

##### 4.4.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques des populations de *Azelia africana* dans les différentes formations sont présentés au tableau 10. On note que la densité moyenne des arbres sur pied (N), le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg), la surface terrière (G) et la hauteur moyenne de Lorey (HL) présentent tous des différences non significatives entre les deux forêts (Prob > 0,05).



**Tableau 10 : Paramètres dendrométriques de *Afzelia africana* au sein des forêts de Bonou et d'Itchède**

Paramètres	Bonou	Itchède
	Moy	Moy
Densité (N, tiges/ha)	2,54	1,8
Surface terrière (G, m <sup>2</sup> /ha)	0,21	0,53
Diamètre (Dg, cm)	9,49	17,42
Hauteur moyenne (Hmoy, m)	5,16	7,48
Hauteur Moyenne de Lorey (HL, m)	4,99	7,71

Moy : moyenne

#### 4.4.2. Structure en diamètre

Les résultats d'analyse log-linéaire effectuée sur la structure en diamètre de *Afzelia africana* indiquent un bon ajustement des données à la distribution de Weibull (Prob = 0,86 à Bonou et 0,79 à Itchède) au seuil de 5%.

On note des figures 18 et 19 que la structure en diamètre de la population de *Afzelia africana* dans les deux forêts présente une distribution irrégulière en fonction des classes de diamètre. On note une prédominance d'individus de *Afzelia africana* de petits diamètres ; ceci est beaucoup plus visible dans la forêt de Bonou. Les sujets dont le diamètre est compris entre 10 cm et 20 cm sont les plus nombreux (à l'hectare) dans la forêt de Bonou. Les sujets de diamètre supérieur à 60 cm sont quasi absents dans les différentes forêts.

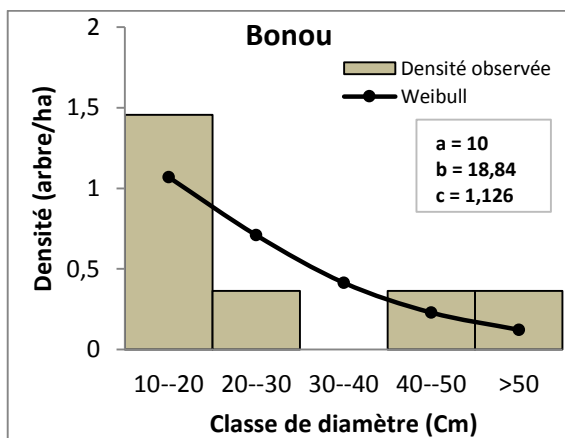


Figure 18 : Structure en diamètre de *A. africana* dans la forêt de Bonou

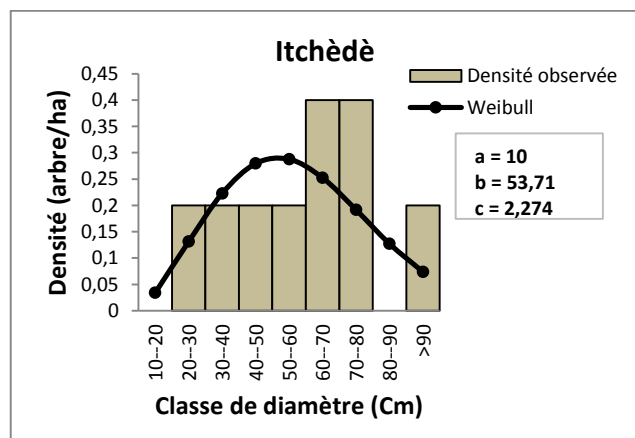


Figure 19 : Structure en diamètre de *A. africana* dans la forêt d'Itchède

### 4.4.3. Structure en hauteur

On remarque en analysant la structure en hauteur des deux forêts que la différence entre les deux distributions n'est pas significative (Prob = 0,92 à Bonou et 0,99 à Itchède) et indique globalement une adéquation entre la structure observée et celle attendue sur la base de la distribution de Weibull.

L'analyse des figures 20 et 21 indique de façon générale une allure en cloche pour la structure en diamètre de la population de *Azelia africana* dans la forêt d'Itchède. Le paramètre de forme (c) est égal à 1,147 dans la forêt de Bonou et 2,117 dans la forêt d'Itchède. Le paramètre c est compris entre 1 et 3,6 quelque soit la forêt. Il est donc évident que la distribution en hauteur de la population de *Azelia africana* dans les forêts de Bonou et d'Itchède est asymétrique droite ou asymétrique positive. Les classes modales dans les forêts de Bonou et d'Itchède sont de 24 m à 28 m.

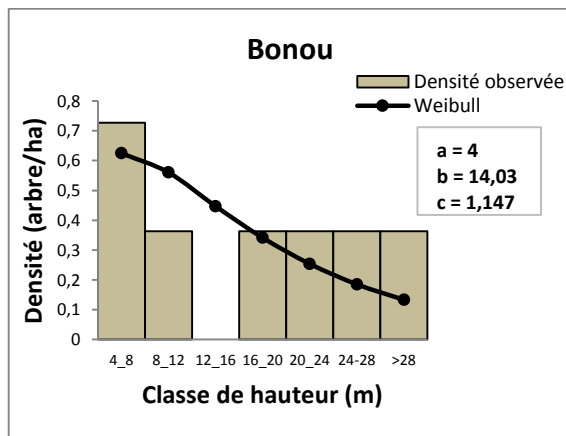


Figure 20 : Structure en hauteur de *A. africana* dans la forêt de Bonou

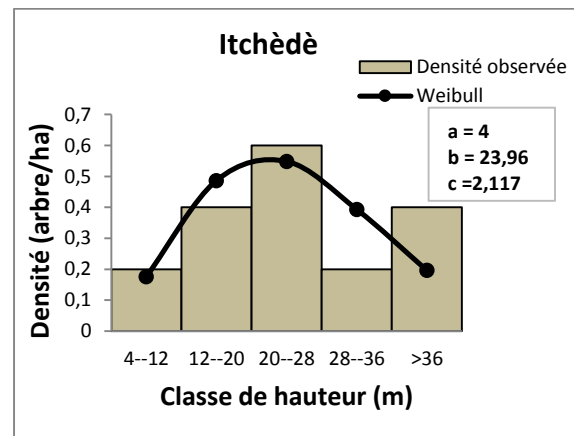


Figure 21 : Structure en hauteur de *A. africana* dans la forêt d'Itchède

### 4.4.4. Répartition spatiale

D'après la méthode de densité relative de voisinage que nous avons utilisée, on déduit trois classes de densité relative de voisinage dans chaque anneau pour lesquelles  $\Omega$  prend les valeurs suivantes :  $\Omega > 1$  ;  $\Omega = 1$  et  $\Omega < 1$ . La proportion de chaque classe par rapport au nombre totale de placeau inventorié et suivant les catégories d'anneau est consignée dans le tableau 11.

Tableau 11 : Densité relative de voisinage par catégorie d'anneau de *Dialium guineense* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêts	Bonou			Itchède		
	$\Omega_{0-10}$	$\Omega_{10-20}$	$\Omega_{20-30}$	$\Omega_{0-10}$	$\Omega_{10-20}$	$\Omega_{20-30}$
$\Omega > 1$	54,54	0	0	30	0	0
$\Omega = 1$	0	0	0	0	0	0
$\Omega < 1$	45,45	100	100	70	100	100

Le tableau 11 montre que sur un rayon de 10m autour d'un pied de *Afzelia africana*, la densité relative de voisinage de ce dernier est supérieure à 1 dans 54,54% (soit 6 sur 11 observations) des placeaux inventoriés à Bonou. A Itchède, dans 30% des cas, la densité relative de voisinage de *Afzelia africana* est supérieure à 1 (soit 6 sur 20 observations) contre 70% des cas où la densité relative de voisinage est inférieure à 1. Nous pouvons conclure qu'à Bonou, sur un rayon de 10 m, la distribution de *Afzelia africana* est agrégative ( $\Omega > 1$ ) mais tend vers l'hyperdispersion puisque le nombre de cas où la densité relative de voisinage de *Afzelia africana* n'est pas négligeable. Par contre à Itchède *Afzelia africana*, est relativement dispersée.

Au-delà d'un rayon de 10 m autour d'un pied de *Afzelia africana* plus précisément sur les anneaux de 10 à 20 m et de 20 à 30 m la totalité des placeaux présente une densité relative de voisinage relatif à *Afzelia africana* inférieur à 1, quelle que soit la forêt. Sur les bandes de 10 à 20 m et de 20 à 30 m *Afzelia africana* est relativement dispersée.

#### 4.4.5. Densité de régénération

La densité moyenne globale de régénération (tableau 12) est estimée à 57,57 tiges/ha pour *Afzelia africana* dans la forêt de Bonou alors qu'elle est de 16,66 tiges/ha dans la forêt d'Itchède. Comme dans le cas de *Cola millenii* et de *Dialium guineense*, la densité de régénération va décroissant suivant la classe d'âge. Dans la forêt de Bonou, la densité de régénération est de 51,51 tiges/ha au niveau des plantules ( $dbh < 10$  mm), 6,06 tiges/ha au niveau des juvéniles ( $10 \text{ mm} \leq dbh < 50$  mm) et nulle au niveau des petites perches ( $50 \text{ mm} \leq dbh < 100$  mm). Dans la forêt d'Itchède, la densité de régénération est de 10 tiges/ha au niveau des plantules, 6,67 tiges/ha au niveau des juvéniles et nulle au niveau des petites perches.

Tableau 12 : Densité moyenne de régénération de *A. africana* dans les forêts de Bonou et d'Ichède

Forêts	Classe de régénération			Densité moyenne globale (tiges/ha)
	Plantules (dbh<10 mm)	Juveniles (10 mm ≤ dbh<50 mm)	Petites perches (50mm ≤ dbh<100 mm)	
Bonou	51,51	6,06	0	57,57
Ichède	10	6,67	0	16,66

## 5. DISCUSSION

### 5.1. Caractéristiques dendrométriques des forêts étudiées

La densité moyenne globale présente une différence significative entre les forêts de Bonou et d'Itchède. La densité moyenne globale de la forêt classée de Bonou (316 tiges/ha) est relativement plus élevée que celle de la forêt classée d'Itchède (171 tiges/ha). Comita *et al.* (2007) trouvent que plus le nombre d'individus reproducteurs est élevé, plus la densité globale est élevée. La valeur de densité relativement faible observée dans la forêt classée d'itchède pourrait s'expliquer par une faible présence d'individus reproducteurs due aux exploitations illicites organisées par les populations riveraines de cette forêt.

La densité moyenne des populations de *Cola millenii*, de *Dialium guineense* et de *Afzelia africana*, présente une différence non significative entre les forêts classées de Bonou et d'Itchède. La densité moyenne de *Cola millenii* dans la forêt classée de Bonou (4,18 tiges/ha) est très faible par rapport celle dans la forêt d'Itchède (11 tiges/ha). Etant donné que la densité globale de régénération de la forêt de Bonou (254 tiges/ha) est relativement plus élevée que celle de la forêt d'Itchède (153 tiges/ha), la différence de densité ainsi constatée entre les deux forêts serait liée à l'insuffisance de la lumière qui entraverait la survie de l'espèce dans le sous-bois (Gourlet-Fleury, 1998). Contrairement au *Cola millenii*, la densité moyenne de *Dialium guineense* dans la forêt de Bonou (8 tiges/ha) est relativement supérieure à celle dans la forêt d'Itchède (6 tiges/ha). Ceci est d'autant plus normal que la forêt de Bonou est moins dégradée que la forêt d'Itchède. La densité moyenne de *Afzelia africana* est relativement plus élevée dans la forêt classée de Bonou (2,54 tiges/ha) que dans celle d'Itchède (1,8 tiges/ha), ce qui est comparable à la densité moyenne (2,8 tiges/ha) trouvée par Bonou (2007) dans la forêt de Lama. La différence de densité entre les deux forêts est due au fait que la forêt de Bonou est moins dégradée que la forêt d'Itchède. Mais, il est à remarquer que la densité moyenne de *Afzelia africana* est relativement faible dans les deux forêts. Cela se justifie par le fait que le recrutement des populations de l'espèce est difficile (Sokpon et Biaou, 2002). De plus, l'espèce a un faible pouvoir de rejet, de sorte que la destruction de la partie aérienne (par les feux ou par les animaux) entraîne la mort chez la plupart des individus de l'espèce (Bationo et al., 2001). Selon Hubbell et Foster (1986) cités par Herrero-Jáuregui (2012), une espèce peut être considérée comme rare en forêt lorsque sa densité est inférieure à un individu par ha. Plusieurs espèces commerciales répondent à ce critère (Schulze et al., 2008, cité par Herrero-Jáuregui, 2012). D'après nos résultats, aucune des espèces de valeur étudiées ne peut être considérée comme rare dans notre zone d'étude.

La structure d'un peuplement est le reflet d'un dépassement en hauteur, d'une suppression et d'un encombrement des individus les plus faibles par les individus les plus vigoureux (Rondeux, 1999). Etant donné que le couvert est beaucoup plus dense dans la forêt de Bonou, les individus de *Cola millenii* ne possédant pas une grande capacité de dominance se trouvent ralentis dans leur croissance (Brower et al., 1990). Ce qui fait qu'on note un diamètre moyen et une hauteur moyenne de Lorey relativement plus faible dans la forêt de Bonou que dans la forêt d'Itchède. Aussi, cette relative densité de la forêt de Bonou limite la croissance en diamètre et en hauteur de *Azelia africana*. Salomon (1998) décrit ce phénomène dans son étude sur la structure spatiale d'une population de *Spirotropis longifolia* en forêt guyanaise et conclut que ces espèces ont des diamètres quadratiques significativement petits, tandis que les autres espèces voisines ont des diamètres importants. Ces derniers semblent se maintenir en canopée. Ils sont alors autant de « voisins gênants » compétitifs, en termes d'accès à la lumière (Gourlet-Fleury 1998).

## 5.2. Structure en diamètre et en hauteur

La forme classique de la structure d'un peuplement inéquienne ou multispécifique est caractérisée par une fréquence élevée de jeunes individus dans les petites classes de diamètre et une diminution progressive des individus au fur et à mesure que le diamètre devient grand (Glèlè Kakaï, 2010). L'analyse de la structure en diamètre du peuplement arborescent des forêts classées de Bonou et d'Itchède révèle une distribution exponentielle négative caractérisée par plus d'individus de petits diamètres et moins d'individus de gros diamètre. Cette structure est régressive. Cette forme de distribution de diamètre rejoint celle des forêts denses tropicales humides (Rollet, 1974). Dans les peuplements inéquiennes, les arbres présentent souvent des canopées différentes constituant des strates (Olivier & Larson, 1996). La distribution en hauteur devrait être similaire à la distribution en diamètre dans ce type de peuplement, mais moins variable que cette dernière. Les forêts classées de Bonou et d'Itchède présentent une distribution en hauteur exponentielle négative, avec plus d'arbre de petites tailles que de grandes tailles. Mais, la distribution en hauteur des arbres d'une formation naturelle présente globalement une forme gaussienne qui peut être asymétrique selon les conditions de vie du peuplement (Glele Kakaï, 2010), ce qui n'est pas le cas dans les forêts classées de Bonou et d'Itchède. Les forêts de Bonou et d'Itchède possèdent donc une bonne capacité de régénération.

*Cola millenii* dans les forêts de Bonou et d'Itchède présente une distribution en diamètre comme en hauteur de forme exponentielle décroissante ou en diminution régulière des effectifs avec les classes de diamètre et de hauteur. Selon Pascal (2003), ce type de distributions

est caractéristique des espèces sciaphiles, tolérant l'ombre. On la retrouve aussi bien chez les espèces qui passent tout leur cycle en sous-bois (les diamètres maximaux sont alors peu importants) 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). *Dialium guineense* a également une distribution en diamètre de forme exponentielle décroissante dans les deux forêts. Cela se justifie par le fait que l'espèce tolère l'ombrage. Par contre *Dialium guineense* dans les deux forêts étudiées présente une distribution en hauteur en forme de cloche et on note une décroissance des effectifs quand la hauteur augmente même si cette décroissance est faible dans la forêt d'Itchède. La structure en forme de « J renversé » est la juxtaposition d'un certain nombre de courbes en cloche formée à partir des événements de régénération individuels et réguliers pour les espèces adaptées à leurs conditions stationnelles. En forêts naturelles, la structure en forme de cloche typique est due à une régénération sporadique, du fait de la non-adaptation des espèces aux conditions stationnelles (Geldenhuys, 2010).

La structure en diamètre et en hauteur de *Azelia africana* dans la forêt de Bonou présente une structure en « J renversé », caractérisée par un plus grand nombre de petits arbres que de grands arbres, et une réduction progressive du nombre d'arbres d'une classe à la suivante. En s'intéressant à la structure en diamètre et en hauteur de *Azelia africana* dans la forêt d'Itchède, on remarque qu'elle est caractérisée par une distribution en cloche et par un effectif plus important des individus de classes de diamètres intermédiaires. Ces différences entre classes de diamètre pourraient être dues 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 (Geldenhuys, 2010). Cela entraîne donc, une irrégularité de la succession des vagues de régénération (Geldenhuys, 2010). Ce qui peut s'expliquer par une interruption temporaire de la régénération (conditions du milieu devenant défavorables) du fait d'une récolte excessive, de dommages directs aux semis ou de l'absence d'agents de pollinisation ou de dissémination (Peters, 1994). De telles distributions ont été observées par Sokpon & Biaou (2002) dans la forêt classée de Bassila, Sinsin et al. (2004) dans les différentes zones climatiques du Bénin, notamment chez *Azelia africana*. Les espèces fidèles à ce type de distribution sont dites déstructurantes car menacées de disparition dans les peuplements (Sokpon & Biaou, 2002). Geldenhuys (2010) fait des observations similaires en parlant de croissance différentielle et de mortalité des jeunes tiges due à la concurrence entre les individus et aux mauvaises conditions du milieu. Ces constats sont identiques à ceux effectués par Sinasson (2010) dans

les forêts naturelles d'Itchède-Toffo (Sud-Bénin) et Hounkpèvi (2010) dans les groupements végétaux des secteurs forestiers de Massi et Koto de la forêt classée de la Lama (Sud et centre-Bénin).

### 5.3. Répartition spatiale

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 sont ignorées (Stoyan & Penttinen, 2000). Pour pallier à cette difficulté, nous avons utilisé pour étudier la répartition spatiale des espèces de valeur, la densité relative de voisinage  $\Omega$  (Condit et al, 2000) qui paraît être une meilleure méthode. La densité relative de voisinage 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.

A cet effet, la densité relative de voisinage indique que dans un rayon de 10 m la distribution de *Cola millenii* et de *Dialium guineense* est agrégative dans les deux forêts étudiées. Au-delà d'un rayon de 10m plus précisément entre 10 m et 30 m, les individus de ces deux espèces sont relativement dispersés, quelle que soit la forêt. La population de *Azelia africana* dans la forêt de Bonou a une distribution agrégative mais tendant vers une dispersion. Par contre à Itchède, *Azelia africana* dans un rayon de 10 m est relativement dispersés. Au-delà d'un rayon de 10 m plus précisément entre 10 m et 30 m les individus de *Azelia africana* sont relativement dispersés, quelle que soit la forêt considérée. Ces résultats sont différents de ceux de Bonou et al. (2009) sur la caractérisation structurale des formations végétales hébergeant *Azelia africana* dans la forêt classée de la Lama au Sud du Bénin. Bonou et al. (2009) trouvent que les valeurs des indices de Blackman et de Green indiquent un regroupement très faible des individus de l'espèce. Cependant, il note que quelques regroupements des individus sont parfois observés mais sur de faibles étendues généralement de moins d'un quart d'hectare. Nos résultats se rapprochent de ceux trouvés par Fandohan (2006) dans la forêt classée de Wari-Marou qui a noté une répartition aléatoire avec une tendance à l'agrégation pour de faibles rayons (30 m) autour de tout point arbitrairement fixé au sein de la population.

Le développement des plantes dans l'espace est à la base des phénomènes fondamentaux que sont la régénération forestière, et l'extension des écosystèmes forestiers.



Mais 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 ; Mussenac, 2009).

Les stratégies de dispersion des graines adoptée par une plante peuvent être liées à l'agent de dispersion. Ainsi, *Cola millenii* et *Dialium guineense* sont des espèces sarcochore (Diaspores totalement ou partiellement charnues). Ils ont généralement besoin des animaux en particulier les frugivores pour se disséminer (zoochorie), ce qui explique la raison pour laquelle on retrouve des individus de ces espèce au-delà de 10 m. La structure spatiale agrégative observée chez ces deux espèces peut être liée à une faible activité des agents de dispersion. *Afzelia africana* par contre est une espèce barochore (Diaspore non charnue, lourde). Ses graines ne se disséminent pas par nature sur de longue distance. A cause de sa faible distance de dispersion, les graines se retrouvent en agrégats autour de l'arbre « mère » (Menaut et al., 1990; Collinet, 1997; Barot et al., 1999). Nishimura (2008) en étudiant la répartition spatiale et écologique des Fagaceae dans la forêt de Sumatra (Indonésie), remarque 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 (Thompson et Willson (1978) cité par Nishimura et al. (2008)). Si la distribution agrégative est donc observée dans la forêt de Bonou et pas dans celle d'Itchède, c'est parce que les conditions stationnelles ne s'y prêtent pas. La forêt d'Itchède dans un état de dégradation poussée n'offre plus l'écosystème favorable à *Afzelia africana*. Mais pour que *Afzelia africana* se retrouve sur une distance supérieure à 10 m, il a fallu l'action disséminateur des animaux, rongeurs et herbivores en particulier.

#### **5.4. Contraintes sylvicoles et recommandations pour une gestion durable des forêts**

Les différentes interprétations de la structure spatiale et écologique des forêts de Bonou et d'Itchède et des espèces de valeur (*Cola millenii*, *Dialium guineense* et *Afzelia africana*), nous permettent de faire des diagnostics et de proposer des mesures sylvicoles à prendre pour une gestion durable des différentes formations étudiées.

En effet, la densité moyenne relativement faible des espèces de valeur étudiées ne garantit pas un recrutement continu dans les forêts de Bonou et d'Itchède. Spécifiquement *Afzelia africana* est faiblement représenté dans les deux forêts et est menacée de disparition dans la forêt d'Itchède. Pour restaurer ces espèces de valeur, la régénération naturelle doit être assistée

à travers le repérage des semis et le dégagement périodique des adventices tout autour. Le peuplement des forêts doit être ouvert en desserrant les arbres (éclaircies sélectives) pour permettre à la lumière de pénétrer dans le sous-bois afin de favoriser la germination et le développement des semis (Geldenhys, 2010). Pour cela, on pourra supprimer aux endroits denses des forêts, les arbres ayant atteint le diamètre moyen d'exploitabilité tout en préservant un minimum de densité pour servir de semenciers. Il faut faire également des enrichissements des forêts surtout en *Azelia africana* avec des plants produits en pépinière. Dans ce cas, les endroits convenables sont les troués, les zones de reconstitution lente de la forêt afin de permettre la croissance adéquate de la régénération. Il faut envisager la protection des graines de *Azelia africana* contre les déprédateurs et une assistance qui consisterait au moins à protéger les jeunes plants durant les premières années de leur croissance en faisant de la régénération assistée. Il s'agira par exemple d'identifier les plantules et de les entourer d'enclos inaccessibles aux prédateurs.

## CONCLUSION

Les formations naturelles comme les forêts Classées de Bonou et d'Itchède qui constituent encore des reliques forestières dans la région Sud du Bénin, méritent d'être suivies en permanence afin de maintenir leur structure spatiale et temporelle en un état comparable aux forêts denses semi-décidues. L'étude de la structure des populations de *Cola millenii*, de *Dialium guineense* et de *Azelia africana* et de leur écologie contribue à une meilleure connaissance de ces espèces dans les formations naturelles du Sud-Bénin. Une telle étude constitue un préalable fondamental à l'élaboration de stratégies de conservation et de gestion durable des forêts à *Cola millenii*, *Dialium guineense* et *Azelia africana*.

Il ressort de cette étude que la densité moyenne globale est significativement différente au seuil de probabilité de 5% entre les deux forêts (316 pieds/ha dans la forêt de Bonou et 171 pieds/ha dans la forêt d'Itchède). Par contre, on ne note pas une différence entre la structure des deux forêts. Les structures en hauteur et en diamètre dans les deux forêts sont exponentielles négatives caractérisées par plus d'individus de petits diamètres et de petites tailles et moins d'individus de gros diamètre et de grande taille. Ceci montre globalement une bonne capacité de régénération de ces forêts.

Quant aux espèces de valeur (*Cola millenii*, *Dialium guineense* et *Azelia africana*) leurs paramètres dendrométriques ne présentent aucune différence significative entre les forêts de Bonou et d'Itchède. Les densités des individus (dbh>10cm) de ces espèces de valeur sont relativement faibles quelle que soit la forêt considérée, ce qui est indicateur d'un risque de disparition de ces espèces. Aussi la structure spatiale de ces espèces de valeur interpelle sur leur viabilité dans les deux forêts étudiées. *Cola millenii* dans les forêts de Bonou et d'Itchède présente une distribution de forme exponentielle décroissante caractérisée par une dominance des individus jeunes. Cela laisse suggérer que *Cola millenii* présente une bonne capacité de régénération contrairement au *Dialium guineense* qui a une distribution en hauteur en forme de cloche avec une décroissance des effectifs quand le diamètre augmente. *Dialium guineense* est donc confronté à des problèmes de régénération probablement dus aux conditions stationnelles qui ne lui sont pas favorables. *Azelia africana* par contre à une distribution déstructurante et menacée de disparition dans la forêt d'Itchède, car cette espèce présente une structure en cloche avec un effectif plus important des individus de classes de diamètres intermédiaires. Ce qui n'est pas le cas à Bonou où *Azelia africana* présente une structure en « J renversé », caractérisée par un plus grand nombre de petits arbres que de grands arbres.

Il faut retenir également que les populations de *Cola millenii* et de *Dialium guineense* dans un rayon de 10m ont une répartition agrégative. Au-delà des 10m plus précisément entre 10

m et 30 m, cette répartition devient progressivement dispersée. Cela est constaté dans les deux forêts. *Azelia africana* par contre observé dans la forêt d'Itchède a une distribution relativement dispersée sur un rayon de 30 m or dans la forêt de Bonou la distribution ne devient relativement dispersée qu'au-delà de 10m, si non avant cette distance elle est relativement agrégative. Cette différence entre les deux forêts dans un rayon de 10m autour d'un pied de *Azelia africana* est due aux actions anthropiques beaucoup plus accentuées dans la forêt d'Itchède que celle de Bonou.

D'une façon générale, les résultats obtenus suggèrent que les populations des espèces cibles présentent dans l'ensemble une structure peu stable et présentent donc à terme une propension à la régression si rien n'est fait pour assurer leur renouvellement dans les deux forêts. Il est donc important de mettre en œuvre une régénération naturelle assistée et un enrichissement en espèces de valeur afin d'assurer la pérennité des services écosystémiques forestiers. Par ailleurs, des soins culturaux tels que l'ouverture de la canopée, le délianage... sont indispensables pour garantir la survie des plantules dans les stades de développement de la forêt.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adjanooun E. et al, 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République du Bénin. Médecine traditionnelle et pharmacopée : 895 p. ACCT. Paris. France.

Adomou C. A. 2005. Vegetation Patterns and Environmental gradients in Benin: implications for biogeography and conservation. PhD Thesis. Wageningen University, Pays-Bas. 133p.

Ahouangonou, S., Bris, B., 1997. *Azelia africana*. Le Flamboyant 42, 7–10.

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

Andriamalala F. et al, 2011. Outils pour la caractérisation des milieux forestiers et de leur diversité végétale

Atindogbé G., 2004. Analyse de la structure spatiale des arbres : Application à l'enrichissement des savanes boisées de la zone soudanienne au Bénin. Thèse d'Ingénieur agronome, FSA/UAC. 97p

Aubreville A., 1937. Les forêts du Dahomey et du Togo. Bulletin du comité d'études historique et scientifiques de l'Afrique occidentale française. Tome XX (1-2) : 1-112

Aussenac G., 1966. Observations sur la dissémination des graines chez *abies grandis*.

Awokou K. S., Ganglo C. J., Azontondé H. A., Adjakidjè V. & De Foucault B., 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.

Bayer, W., Waters-Bayer, A., 1999. La gestion des fourrages. CTA, Wageningen.

Bonou W., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A. E., Fonton H. N., Sinsin B., 2009. Characterisation of *Azelia africana* Sm. habitat in the Lama Forest reserve of Benin. Forest Ecology and Management 258.1084-1092p.

Brower et al, 1990. Methods for General Ecology. Third ed., Wm. C. Brown Publishers, Dubuque.

C/BADI., 2001. Atlas monographique des Communes du Bénin. Service Allemand de Développement.

Chakirou, M. R., 1991. Les crues du fleuve Ouémé et leurs incidences biogéographiques dans la basse vallée entre les latitudes de Bonou et d'Adjohoun FLASH / UAC.

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: 1414-1417p

Dadjo C. P. A. F., 2010. Caractérisation structurale et ethnobotanique de *Vitex doniana sweet* dans la forêt classée de la lama. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC.

Dagnelie P., 1998. Statistique théorique et appliquée volume 2. Paris et Bruxelles, De Boeck et Larcier, 508-659 p.

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

Fandohan B., 2006. Abondance et structure des peuplements de sept espèces ligneuses médicales dans la forêt classée de Wari-Marou (région des Monts Kouffé). Thèse d'ingénieur agronome, 109p.

Gbaguidi, 1998. Forêts sacrées et conservation de la biodiversité dans le département de l'Ouémé au sud Est du Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome 161p FSA/ UAC. Bénin

Geldenhuys CJ., 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.

Glele Kakai R., Bonou W., Pelz D., 2010. Modélisation et interprétation des structures en diamètre et en hauteur des peuplements forestiers. 15p

Gnonlonfoun I., 2011. Effet combine de la spatialisation et des caractéristiques des placettes d'inventaire sur la précision de caractérisation structurale de la régénération en forêt dense: cas de la forêt classée de Lama au Sud- Bénin. Thèse d'ingénieur agronome. 68p

Goji T. C. & Ayodele A. E., 2006. Foliar epidermal and Pollen Characters in the genus *Cola Schott. & Endl.* in Nigeria. *acta SATECH* 2(2): 57-63 (2005)

Goreaud F. et Pélissier R., 2000. Analyse de la structure spatiale de semis de points hétérogènes : exemples d'application à des peuplements forestiers.

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

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.

Hitimana J, Kiyiapi JL, Njunge TJ. 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, western Kenya. *Department of Forestry*, Moi University. Eldoret, Kenya.

Houessou A., 1974. Etudes des formations détritiques de l'Ouest du bassin sédimentaire côtier du Dahomey.

Houndonougbo J. S. H., 2011. Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Triplochiton scleroxylon* et *Terminalia superba* dans les forêts reliques du Sud-Benin. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC. 53p.

Houankpevi A. et al, 2010. Contribution à la gestion durable des forêts: caractéristiques écologiques et structurales de la forêt naturelle de Massi (Lama) au Sud du Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC. 137p.

INSAE. 2003. Troisième recensement général de la population et de l'habitation (rgph-3). Résultats définitifs: caractéristiques générales de la population, Bénin. 404p.

Kerharo & Adam g. J. (1974), La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques. Vigot Frères, Paris, 488.

Kiki J. M., 2005. Analyse de la structure spatiale des arbres des peuplements à dominance *Isobertinia spp* du centre-bénin. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC.

Lanly, J.-P., 1969. Forêts tropicales et inventaires. Revue Forestière Française [ISSN 0035-2829], 1969, Vol. 21, N° 6; p. 602-602.

Mahugnon J., 2005. Analyse de la structure spatiale des arbres des peuplements à dominance *Isobertinia spp*. Craib & stapf du centre-bénin. Thèse d'ingénieur agronome. 101p

Marcon E., 2011. Mesures de la biodiversité. 37 p.

McNeely J. A., 1996. Conservation and future: Trends and options toward the year 2025. A discussion paper. IUCN, Gland Switzerland.66p

Menaut J.C., Gignoux J., Prado C., Clobert J., 1990. Tree community dynamics in a humid savanna of the Côte d'Ivoire: modelling the effects of fire and competition with grass and neighbours. *Journal of Biogeography*, 17:471–481

Morakinyo J. A., 1995. Mitosis in *Cola lepidota*, *Cola millenii* and *Sterculia tragacantha*. *Bioscience Research communications* Vol. 7, N°2.

N'dri, M.T.K.; Gnahoua, M.G.; Konan, E.K.; Traoré, D., 2008. Plantes alimentaires spontanées de la région du Fromager (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire) flore, habitats et organes consommés. *Sci. & Nat.* 5, 61-70.

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. and Larson B.C., 1996. Forest stand dynamics. John Wiley and Sons, Inc., 520 p.

Onana J. 1998. Sur l'utilisation et la régénération naturelle de *Azelia africana* Smith ex Person. *Le Flamboyant* n° 46 Juin 1998 :33.

Pascal JP., 2003. Dynamique spatiale de *vouacapoua americana* (aublet), arbre de foret tropicale humide à répartition agrégée. Thèse de doctorat. 230p

Pascal JP., 2003. Notions sur les structures et dynamiques des forêts tropicales humides. *Rev. For. Fr.* LV - numéro spécial 2003



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. No2, 49p.

Philip M.S., 2002. Measuring Trees and Forests, 2nd ed. CABI, London.

Projet Bois de Feu, 1999. Plan d'aménagement de la forêt classée d'Itchède-Tofo. 51 p.

Rollet B., 1974, L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines. C.T.F.T., Paris, France. 298 p.

Rondeux J., 1999. La mesure des peuplements forestiers. Presses agronomiques de Gembloux. 522p.

Sagbo P. A., 2000. Etude des caractéristiques dendrométriques des peuplements naturels à dominance *Isobertia* spp : Cas de la Forêt Classée de l'Ouémé Supérieur au Nord du Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC. 93 p.

Salomon L., 1998. Structuration spatiale d'une population de *Spirotropis longifolia* (DC.) Baill. (Leguminosae-Papilionoideae): Cas de monodominance en forêt guyanaise. 15p.

Sinasson S. K., 2010. Dynamique des forêts naturelles de Bonou et d'Itchède-Tofo, Sud-Bénin. Thèse de Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), FSA/UAC. 143p.

Sinsin B., 2003. Dynamique des plantations d'enrichissement des galeries forestières de la région de Bassila au Bénin. P 13-26. In Sokpon, N., Sinsin, B. et Eyog Matig, O. (Eds). Acte du II<sup>e</sup> séminaire international sur l'aménagement intégré des forêts naturelles des zones tropicales sèches en Afrique de l'Ouest, Parakou, Bénin, 25-29juin. 410p.

Sinsin, B., 1993. Phytosociologie, écologie valeur pastorale, productivité et capacité de charge des pâturages naturels des périmètres Nikki-kalalé au Nord-Bénin. Thèse de Doctorat. Université Libre de Bruxelles. Belgique 390p.

Sinsin, B. et al, 1997. Faune sauvage des forêts classées de Goungoun, de la Sota et des Environs. Directions des forêts et des Ressources Naturelles, Projet UNSO/BEN/93/G31. Cotonou.

Sinsin, B., Eyog Matig, O., Assogbadjo, A.E., Gaoué, O.G., Sinadouwirou, T., 2004. Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Afzelia africana* Sm. trees dynamics in different climatic zones of Benin. *Biodiversity and Conservation* 13(8), 1555-1570.

Sinsin, B., Eyog Matig, O., Sinadouwirou, T., Assogbadjo, A.E., 2002. Caractérisation écologique des essences fourragères *Khaya senegalensis* Desr. et *Afzelia africana* Sm. Suivant les gradients de latitude et de station au Bénin, In: Eyog Matig, O., Gaoue, O. G., Obel-Lawson (Eds.), *Development of appropriate conservation strategies for African forest trees identified as priority species by SAFORGEN member countries*, SAFORGEN, 15-50.

Sokpon N., 2003. Aménagement des forêts denses sèches du Nord Bénin: Bases techniques pour une gestion durable. Pp 140-158. In Sokpon, N., Sinsin, B. et Eyog Matig, O. (Eds). *Acte du II<sup>e</sup> séminaire international sur l'aménagement intégré des forêts naturelles des zones tropicales sèches en Afrique de l'Ouest, Parakou, Bénin, 25-29juin*. 410p.

Sokpon N., et BIAOU H. S., 2002. The use of diameter distribution in sustained-use management of remnant forests in Benin: case of Bassila forest reserve in North Benin. *Forest Ecology and Management*, 161 : 13-25.

Stoyan, D. & Penttinen, A. 2000. Recent applications of point process methods in forestry statistics. *Forest Science* 15(1): 61–78.

Tohngodo B., 2004. Phytosociologie appliquée à l'aménagement de la forêt classée de *Bonou*. Thèse d'ingénieur agronome. Faculté des Sciences Agronomiques. Université d'Abomey-Calavi, 209p.

UICN. 2008. The UICN Red list of Threatened Species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) update of 2008.

Volkoff B. & Willalme P., 1976. Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin au 1/200000. Feuille Porto-Novo (1). Notice Explicative n° 66 – ORSTOM - Paris, 39p. Multigr.

Yehouenou Tessi D. R.,2011. Caractéristiques structurales et écologiques des populations d'*Antiaris toxicaria* (Pers) Lesh et *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du Sud-Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC.

**ANNEXES**

**Annexe 1 : Fiche d'inventaire (Mesure dendrométrique)**

Nom de la forêt..... Date.....

Code plateau ..... Pente.....

Latitude..... Longitude.....

N° d'ordre	Noms de l'espèce	Hauteur			Circonférence (Cm)	Observations
		Visée haut	Visée bas	Distance		
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

**Annexe 2 : Fiche d'inventaire (dénombrement des individus)**

Nom de la forêt..... Date.....

Code plateau ..... N° Placette.....

Latitude..... Longitude.....

Noms de l'espèce	Nombre d'individu		
	$C < 30,14\text{mm}$	$30,14 < C < 157\text{mm}$	$157\text{mm} < C < 3,14$

C = Circonférence

**Annexe 3 : Fiche d'inventaire des espèces de valeur**

Nom de la forêt..... Date.....

Code plateau ..... Pente.....

Latitude..... Longitude.....

N° d'individu	Anneaux		
	0m à 10m	10m à 20m	20m à 30m
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

**Annexe 4 : Résultats d'analyse log-linéaire d'ajustement à la distribution de Weibull :**

**Annexe 4a:** Distribution en diamètre des forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	5	364.14	<.0001
Distr	1	0.02	0.8870
class*Distr	5	2.72	0.7424
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	5	190.14	<.0001
Distr	1	0.11	0.7385
class*Distr	5	2.73	0.7422
Likelihood Ratio	0	.	.

**Annexe 4b :** Distribution en hauteur des forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	5	362.02	<.0001
Distr	1	0.03	0.8710
class*Distr	5	2.82	0.7275
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	5	192.43	<.0001
Distr	1	0.11	0.7442
class*Distr	5	2.88	0.7185
Likelihood Ratio	0	.	.

**Annexe 4c :** Distribution en diamètre de *Cola millenii* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	9	13.32	0.1488
Distr	1	0.08	0.7794
class*Distr	7*	0.65	0.9987
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	8*	.	.
Distr	1	0.61	0.4360
class*Distr	8*	6.99	0.5377
Likelihood Ratio	0	.	.

**Annexe 4d :** Distribution en hauteur de *Cola millenii* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	4	11.83	0.0187
Distr	1	0.10	0.7459
class*Distr	4	0.25	0.9926
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	4	9.30	0.0540
Distr	1	0.01	0.9125
class*Distr	4	0.08	0.9993
Likelihood Ratio	0	.	.



**Annexe 4e :** Distribution en diamètre de *Dialium guineense* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	6	7.93	0.2432
Distr	1	0.05	0.8175
class*Distr	5*	0.40	0.9953
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	5	3.19	0.6704
Distr	1	0.02	0.8775
class*Distr	5	0.28	0.9980
Likelihood Ratio	0	.	.

**Annexe 4f :** Distribution en hauteur de *Dialium guineense* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	7*	.	.
Distr	1	3.63	0.0566
class*Distr	7*	7.24	0.4045
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	5	1.28	0.9373
Distr	1	0.00	0.9833
class*Distr	5	0.35	0.9966
Likelihood Ratio	0	.	.

**Annexe 4g :** Distribution en diamètre de *Afzelia africana* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	4	1.89	0.7565
Distr	1	0.03	0.8630
class*Distr	3*	0.27	0.9657
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	8	0.23	1.0000
Distr	1	0.07	0.7912
class*Distr	6*	0.17	0.9999
Likelihood Ratio	0	.	.

**Annexe 4h :** Distribution en hauteur de *Afzelia africana* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Forêt de Bonou			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	6	0.67	0.9951
Distr	1	0.01	0.9297
class*Distr	5*	0.19	0.9993
Likelihood Ratio	0	.	.
Forêt d'Itchède			
Maximum Likelihood Analysis of Variance			
Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
class	4	0.50	0.9736
Distr	1	0.00	0.9917
class*Distr	4	0.14	0.9977
Likelihood Ratio	0	.	.

**Annexe 5 : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques**

**Annexe 5a : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques des forêts de Bonou et d'Itchède**

<i>Paramètres</i>	<b>Probabilités</b>			
	<b>Test de Normalité</b>		<b>Test d'égalité des variances</b>	<b>Test t de Student</b>
	<b>Bonou</b>	<b>Itchède</b>		
<b>Densité</b>	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,000	Prob = 0,000
<b>Surface terrière</b>	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,434	Prob = 0,286
<b>Diamètre moyen</b>	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,351	Prob = 0,003
<b>Hauteur moyenne</b>	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,546	Prob = 0,724
<b>Hauteur Moyenne de Lorey</b>	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,781	Prob = 0,370

**Annexe 5b : Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques des populations de *Cola millenii* dans les forêts de Bonou et d'Itchède**

<b>Paramètres</b>	<b>Probabilités</b>				
	<b>Test de Normalité</b>		<b>Test d'égalité des variances</b>	<b>Test t de Student</b>	<b>Test non paramétrique de Mann Whitney</b>
	<b>Bonou</b>	<b>Itchède</b>			
<b>Densité</b>	Prob > 0,100	Prob < 0,010	-	-	Prob = 0,1543
<b>Surface terrière</b>	Prob = 0,081	Prob > 0,100	Prob = 0,107	Prob = 0,426	-
<b>Diamètre</b>	Prob > 0,100	Prob = 0,098	Prob = 0,010	Prob = 0,291	-
<b>Hauteur moyenne</b>	Prob > 0,100	Prob = 0,069	Prob = 0,037	Prob = 0,825	-
<b>Hauteur Moyenne de Lorey</b>	Prob > 0,100	Prob = 0,067	Prob = 0,069	Prob = 0,914	-

**Annexe 5c :** Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques des populations de *Dialium guineense* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Paramètres	Probabilités				
	Test de Normalité		Test d'égalité des variances	Test t de Student	Test non paramétrique de Mann Whitney
	Bonou	Itchède			
Densité	Prob > 0,100	Prob < 0,010	-	-	Prob = 0,1372
Surface terrière	Prob < 0,010	Prob < 0,010	-	-	Prob = 0,0945
Diamètre	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,869	Prob = 0,090	-
Hauteur moyenne	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,625	Prob = 0,054	-
Hauteur Moyenne de Lorey	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,965	Prob = 0,052	-

**Annexe 5d :** Résultats des tests de comparaison des paramètres dendrométriques des populations de *Azalia africana* dans les forêts de Bonou et d'Itchède

Paramètres	Probabilités				
	Test de Normalité		Test d'égalité des variances	Test t de Student	Test non paramétrique de Mann Whitney
	Bonou	Itchède			
Densité	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,149	Prob = 0,614	
Surface terrière	Prob > 0,100	Prob < 0,010	-	-	Prob = 0,7256
Diamètre	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,175	Prob = 0,421	-
Hauteur moyenne	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,391	Prob = 0,606	-
Hauteur Moyenne de Lorey	Prob > 0,100	Prob > 0,100	Prob = 0,279	Prob = 0,548	-

**Annexe 6 : Liste des espèces inventoriées dans les forêts de Bonou et d'Itchède**

N°	Familles	Espèces	Dissémination des diaspores
01	Caesalpiniaceae	<i>Afzelia africana</i> Smith ex Pers.	Barochore
02	Rubiaceae	<i>Aidia genipiflora</i> (DC.) Dandy	Sarcochore
03	Mimosaceae	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schum.) W. F. Wight	Barochore
04	Mimosaceae	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Barochore
05	Mimosaceae	<i>Albizia glaberrima</i> (Schum. & Thonn.) Benth.	Barochore
06	Mimosaceae	<i>Albizia zygia</i> ((DC) J. F. Macbr.	Barochore
07	Sapindaceae	<i>Allophylus spicatus</i> (Poir) Radlk.	Sarcochore
08	Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC) Guill. & Perr.	Ptérochore
09	Leguminosae	<i>Anthonotha macrophylla</i> P.Beauv.	Ballochore
10	Moraceae	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch. ssp. <i>Welwitschii</i> (Engl.) C.C.Berg,	Sarcochore
11	Caesalpiniaceae	<i>Berlinia grandiflora</i> (Vahl) Hutch. & Dalz.	Ballochore
12	Sapindaceae	<i>Blighia unijugata</i> Baker	Sarcochore
13	Moraceae	<i>Bosqueia angolensis</i> Ficalho	Sarcochore
14	Euphorbiaceae	<i>Bridelia micrantha</i> (Hochst.) Baill.	Sarcochore
15	Convolvulaceae	<i>Calycolobus africanus</i> (G.Don) Heine	Ptérochore
16	Bombacaceae	<i>Ceiba pentadra</i> (L) Gaert	Pogonochore
17	Celtidaceae	<i>Celtis brownii</i> Rendle, J.	Sarcochore
18	Celtidaceae	<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Sarcochore
19	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum albidum</i> G.Don	Zoochore
20	Annonaceae	<i>Cleistopholis patens</i> (Benth.) Engl. & Diels	Sarcochore
21	Sterculiaceae	<i>Cola gigantea</i> A. Chev. Brenan & keay	Sarcochore
22	Sterculiaceae	<i>Cola millenii</i> K. Schum.	Sarcochore
23	Sterculiaceae	<i>Cola nitida</i> (Vent.) Sebott & Endl.	Sarcochore
24	Rubiaceae	<i>Cuviera macroura</i> K.Schum.	-
25	Fabaceae	<i>Desmochoredium</i> sp	Desmochore
26	Caesalpiniaceae	<i>Dialium guineense</i> Wild.	Sarcochore
27	Rubiaceae	<i>Dictyandra arborescens</i> Welw. ex Hook.f.	-
28	Ebenaceae	<i>Diospiros mespiliformis</i> Hochst.	Sarcochore
29	Dracaenaceae	<i>Dracaena mannii</i> Baker, J.	Sarcochore
30	Boraginaceae	<i>Ehretia cymosa</i> Thonn.	Sarcochore
31	Apocynaceae	<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) Durand & Schinz	-
32	Rutaceae	<i>Fagara</i> spp	Zoochore
33	Moraceae	<i>Ficus capensis</i> Thunb.	Sarcochore
34	Moraceae	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Sarcochore
35	Moraceae	<i>Ficus thonningii</i> Blume	Sarcochore
36	Rubiaceae	<i>Hallea stipulosa</i> (DC.) J.-F.Leroy	-
37	Apocynaceae	<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) Durand & Schinz	-
38	Meliaceae	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A.Juss.	Anémochore
39	Sapindaceae	<i>Lecaniocarpus cupanoides</i> Planch.	Sarcochore
41	Fabaceae	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) H. B. & K.	Barochore
42	Chrysobalanaceae	<i>Maranthes robusta</i> (Oliv. ) Prance ex F.White	Sarcochore
43	Moraceae	<i>Milicia excelsa</i> (Welw) C. C. Berg	Sarcochore
44	Fabaceae	<i>Millettia thonningii</i> (Schum. & Thonn.) Bak.	Ballochore
45	Annonaceae	<i>Monodora tenuifolia</i> Benth.	Sarcochore

46	Bignoniaceae	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv) Seemann	Pogonochore
47	Olacaceae	<i>Olex subscorpinoides</i> Oliv.	Sarcochore
48	Rubiaceae	<i>Oxyanthus unilocularis</i> Hiern	Sarcochore
49	Mimosaceae	<i>Parkia bicolor</i> A.Chev.	Barochore
50	Sapotaceae	<i>Pouteria alnifolia</i> (Bak) Roberty	Sarcochore
51	Rubiaceae	<i>Psychotria articulata</i>	Sarcochore
52	Euphorbiaceae	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Sarcochore
53	Rubiaceae	<i>Rothmannia urcelliformis</i> (Hiern) KM.A.Petit	Sarcochore
54	Connaraceae	<i>Rourea thomsonii</i> (Baker) Jongkind	-
55	Anacardiaceae	<i>Spondia mombin</i> L.	-
56	Sterculiaceae	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Sarcochore
57	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana pachysiphon</i> Stapf	Sarcochore
58	Combretaceae	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Ptérochore
59	Dilieniaceae	<i>Tetracera alnifolia</i> Willd. var. <i>alnifolia</i>	Sarcochore
60	Mimosoideae	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schumach. & Thonn.) Taub.	-
61	Meliaceae	<i>Trichilia emetica</i> Vahl	Sarcochore
62	Meliaceae	<i>Trichilia heudelotii</i> Planch. ex Oliv.	Sarcochore
63	Sterculiaceae	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	Ptérochore
64	Verbenaceae	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Sarcochore
65	Rutaceae	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lamm.) Zepernick & Timler	Sarcochore