



REPUBLIQUE DU BENIN  
.....  
UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI



.....  
FACULTE DES LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES

.....  
ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE « ESPACES, CULTURES ET DEVELOPPEMENT »

.....  
Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie

**OPTION : GEOGRAPHIE ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT**

**Spécialité : Géosciences de l'Environnement et Aménagement de l'Espace**



### Thème

Ecologie et particularité des forêts claires à  
*Isoberlinia* spp dans la zone de transition Soudano-  
guinéenne au Bénin

Réalisé par

Cédric A. GOUSSANOU

Sous la supervision de :

Pr. Dr Ir. Brice SINSIN

Professeur titulaire  
(CAMES) FSA/UAC

Prof. Dr Brice TENTE

Maître de Conférences  
(CAMES) FLASH/UAC

Dr Ir. Gaston AKOUEHOU

Chargé de recherche  
(CAMES) FSA/UAC

Année académique 2010-2011

## **DEDICACES**

Je dédie ce mémoire

✚ *A mes parents et mes frères pour le dévouement, les sacrifices,...*

✚ *A Mr Gahou Expédit pour la confiance et le soutien.*

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS .....	3
RESUME.....	4
ABSTRACT .....	5
INTRODUCTION.....	6
1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR <i>ISOBERLINIA</i> SPP.....	9
2. PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE .....	12
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	16
4. RÉSULTATS .....	27
5. DISCUSSION .....	44
CONCLUSION ET SUGGESTIONS .....	50
PERSPECTIVES POUR LA THÈSE .....	52
BIBLIOGRAPHIE .....	56
LISTE DES TABLEAUX.....	61
LISTE DES FIGURES.....	61
LISTE DES PHOTOS .....	62
ANNEXES .....	63
TABLE DES MATIÈRES .....	68

## REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont participé à la réalisation de ce travail. Ainsi, toutes nos gratitudes :

✚ Au Pr. Dr Ir. Brice SINSIN qui a conduit mes premiers pas dans la recherche scientifique. Je lui exprime ici toute ma reconnaissance non seulement pour cet apprentissage mais aussi pour ses conseils et remarques plus qu'édifiantes.

✚ Au Prof. Dr Brice TENTE, qui n'a ménagé aucun effort à diriger ce travail. Je le remercie particulièrement pour l'assistance, la confiance, les encouragements,..., même en dehors des activités académiques et scientifiques. Vos qualités humaines sont à louer.

✚ Au Dr Ir. Gaston AKOUEHOU, pour avoir répondu promptement et favorablement à co-superviser ce travail. Qu'il en soit spécialement remercié. Qu'il accepte ici toute ma reconnaissance non seulement pour ses commentaires et orientations lors des travaux mais aussi pour la confiance qu'il m'a accordée depuis notre première rencontre. Vos contacts ont été d'une grande aide sur le terrain.

✚ Toute la population de Kaodji, dans la commune de Zangnanado pour l'accueil et l'ambiance villageoise.

✚ A MSc. Ir. Fortuné AZIHOU grâce à qui, la compréhension du langage du logiciel R a été possible. Nos différents échanges ont contribué à l'achèvement de ce travail.

✚ Aux amis et collègues du MASTER RESBIO, qui m'ont apporté à leur manière leur soutien et assistance précieuse. Je pense particulièrement à Ir. Marcel DONOU, Ir. Valère SALAKO, Ir. Rodrigue IDOHOU, Ig. Gédéon ANAGONOU, Ig. Marius DEGLA, Ig. Elios VITOULE, Ig. Sylviane GODONOU.

✚ A mes amis de promotion Julien AROUKO et Esaï ANAGONOU.

✚ A tous ceux dont j'ai appris quelque chose dans le domaine de la science en particulier aux Prof. Dr Ir. Marcel HOUINATO, Dr Julien DJEGO, Dr Aristide ADOMOU, Dr Ir. Belarmain FANDOHAN, puis à MM. Adi MAMA, Pierre AGBANI et Maurice AZANLIN.

✚ A mes amis de l'ONG Smile Development : Ir. Simon AWOKOU, Ig. Hugues AKPONAN, Ir. Habib ASSOUMA, Ir. Gisèle SINANSSON, Ir. Aubin FAFEH, Ir. Rostaing AKOHA.

## RESUME

Les forêts claires à dominance *Isoberlinia* spp. au Bénin sont soumises aux pressions humaines de plus en plus croissantes. Présente dans la forêt de Zouzoukan par îlots au centre Bénin, elles constituent une réserve importante pour les populations locales. Cette étude s'est focalisée sur l'analyse spatiale, les caractéristiques structurales suivant les unités topographiques et les connaissances endogènes sur *Isoberlinia* spp. Trente cinq (35) placeaux de 30 m x 30 m complétés par 3 placeaux de 1 ha ont servi aux inventaires floristiques pour étudier la spatialisation de *Isoberlinia* spp. La méthode de répartition spatiale de Ripley a été utilisée ainsi que la détermination des paramètres dendrométriques et écologiques. Une enquête ethnobotanique auprès des groupes socio-culturels a été effectuée sur les différentes techniques de reconnaissances de la qualité du bois et les préférences locales. Trente trois (33) espèces ligneuses ont été recensées et la valeur d'indice d'importance a été déterminée pour chacune d'elles. Les résultats indiquent que *Isoberlinia* spp. est plus abondant sur le versant que sur les sommets et bas de versant. La répartition spatiale de manière générale est agrégative avec plus de regroupements sur le versant que sur les autres unités. Toutefois au-delà d'un rayon de 8 m, l'espèce présente une distribution aléatoire. Les connaissances sur *Isoberlinia* spp., sont distribuée de façon homogène à travers les groupes socio-culturels et le genre mais varient suivant les groupes socioprofessionnels. Les usages comme combustible et bois d'œuvre, sont les plus dominants et constituent les principales menaces sur *Isoberlinia* spp. dans la forêt de Zouzoukan.

Mots clés : Analyse spatiale - Connaissances endogènes – *Isoberlinia* spp.-Forêt claire — Bénin

## **ABSTRACT**

Woodlands dominated by *Isoberlinia* spp. are under increasing human pressures in Benin. Observed in small patches in the forest of Zouzoukan in centre of Benin, they constitute a valuable resource for local communities. The study is focused on the spatial analysis, the structural characteristics according to the topographic units and endogenous knowledge on *Isoberlinia* spp. Thirty five (35) plots of 30 m x 30 m supplemented by 3 plots of 1 ha were used for the floristic inventories to study the spatialization of *Isoberlinia* spp. Spatial distribution method of Ripley and the determination of dendrometric and ecological parameters was used. Moreover ethnobotanic knowledge of the different ethnic was assessed on the various techniques of recognitions of the quality of wood and local preferences. Thirty three woody species were inventoried and for each the importance value index was computed. The results show that *Isoberlinia* spp. is more abundant on the slope than on the tops and down of slope. Spatial distribution is aggregative in general with more regrouping on the slope than on the other units. However beyond of a radius of 8 m the species presents a random distribution. Knowledge on *Isoberlinia* spp., is distributed in a homogeneous way through the ethnics groups but varies according to the socio-professional groups. Uses as combustible and sawlog; are most dominant and constitute the principal threats on *Isoberlinia* spp. in the forest of Zouzoukan.

Keys Words: Spatial analysis – Endogenous knowledge - *Isoberlinia* spp. – Woodlands – Benin

## INTRODUCTION

La couverture forestière en Afrique de l'ouest est estimée en 2010 à 73.234.000 ha (FAO, 2010). Sur la période 1990 -2010 on note un taux de perte de 1,12% (FAO, 2011). Plusieurs facteurs complexes comme les précipitations irrégulières, les sécheresses, la pression démographique, etc. contribuent à ces processus de dégradations (Kelly, 2010). Cette régression affecte à la fois les différents écosystèmes forestiers et les espèces végétales qui la composent. L'utilisation des forêts par les populations pour la satisfaction des besoins alimentaires, médicinales, artisanales, commerciales et autres va baisser. Le couvert forestier représentée par des écosystèmes particuliers comme les forêts claires constituent les réserves naturelles servant de ressources tant en produits forestiers ligneux que non ligneux.

En Afrique, les forêts claires sont surtout représentées dans les domaines soudaniens et zambéziens (Adjonou *et al.*, 2009), et sont constitués d'un cortège relativement modeste d'espèces composant la futaie à *Detarium senegalense*, *Daniellia oliveri*, *Dialium guineense*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Isoberlinia doka* et *Khaya senegalensis* (Hountondji, 2008). Les forêts claires occupent près de deux tiers de la superficie totale des formations forestières denses de la zone tropicale sèche du Bénin (Sokpon *et al.*, 2006) et 5,03% de la couverture de la forêt de Zouzoukan (PBF II, 2010). Ces forêts claires se rencontrent dans presque toutes les zones climatiques du pays avec une dominance par des espèces telles que *Anogeissus leiocarpa*, *Monotes kerstingii* et *Isoberlinia doka* (Sokpon *et al.*, 2006 ; Hountondji, 2008). Par conséquent, la pression sur les espèces de forêts claires par les exploitants de bois est très forte (Sokpon *et al.*, 2006). Dans un but d'exploitation durable des écosystèmes il faut une bonne connaissance du potentiel ligneux et des bases de gestion (Fonton et Sagbo, 2004).

Les pertes annuelles en couvertures forestières au Bénin sur la période de 2005 à 2010 sont estimées à 50.000 ha (FAO, 2011). La situation du Bénin dans le Dahomey Gap, la pression démographique, la surexploitation des ressources végétales entre autres sont des causes de cet état de fait (Djègo, 2006). La diminution de la surface forestière s'accompagne de la régression de certaines espèces de valeur (Dohou, 2006). En effet le Bénin n'est pas un pays forestier comme la Côte d'Ivoire, le Gabon et le Congo. Cependant on assiste à une exploitation anarchique de différentes essences forestières telles que *Azelia africana*, *Prosopis africana*, et *Diospyros mespiliformis*. Ceci a entraîné la raréfaction d'espèces de

valeur qui étaient autrefois bien représenté (Sinsin *et al.*, 2004). Malgré cette situation, les populations riveraines des forêts exploitent massivement d'autres essences ligneuses telles que *Isobertinia* spp., considérées comme sans valeur dans le passé (Glèlè Kakaï et Sinsin, 2009).

Les peuplements d'*Isobertinia* constituent un capital ligneux important au Bénin hormis les plantations de teck (Sagbo, 2000). L'abondance relative des forêts claires à *Isobertinia* spp. et leurs exploitations incontrôlées est signalé par divers auteurs (Fonton, 1997 ; Yabi, 2003 ; Yorou *et al.*, 2001 ; Hountondji, 2008), entraînant une modification significative de la structure de la végétation (Couteron, 1998). En raison de la complexité de ces peuplements, on observe selon Goreaud (2000), une forte variabilité, à la fois des individus eux-mêmes (espèce, âge) et de leurs conditions de croissance (environnement local). Les facteurs exogènes et endogènes (Collinet, 1997), sont des facteurs écologiques qui contribuent à la dynamique de répartition des espèces. Plusieurs études ce sont intéressées à l'écologie de différentes espèces mais en prenant en compte plus les facteurs climatiques et édaphiques. L'influence de l'altitude et de la latitude dans la diversité des espèces a longtemps fasciné les biogéographes et les écologistes, puisque cela affecte la géométrie, la structure interne et l'emplacement des espèces (Schemske, 2002 ; Lomolino *et al.*, 2004). La relation entre la nature de la végétation et le type de sol (Awokou *et al.*, 2009), la correspondance entre le faciès de végétation et la fourchette pluviométrique (Couteron, 1998), l'influence du type d'habitat sur le *Tamarindus indica*, (Fandohan *et al.*, 2010b), la répartition des pieds de *Anogeissus leiocarpa* suivant la proximité de la nappe phréatique et de plan d'eau (Guédou, 2005) sont quelques évaluations faites pour établir le lien entre les espèces et leur distribution écologique. Pour ce qui est de *Isobertinia* spp. Azihou (2010) a montré la relation entre les facteurs écologiques et l'isolation spatial des individus d'arbres. Par contre aucune étude n'a montré la relation entre les peuplements à *Isobertinia* spp. et la topographie de leur habitat. Ce type d'information permet d'acquérir des données fiables sur l'écologie des formations naturelles en vue de leur gestion efficiente. Ainsi comprendre la distribution spatiale de *Isobertinia* spp. et les facteurs qui sous-tendent sa conservation et la gestion des communautés végétales constitue une étape importante de l'aménagement des espaces.

Comme beaucoup d'espèces, *Isobertinia* spp. est largement utilisé par les populations. L'existence de circuit de commercialisation du bois de ces essences utilisées à la fois comme bois d'œuvre, et d'énergie témoigne de sa contribution aux revenus économiques (Kpatico,

2009). De plus les feuilles sont utilisées comme emballages pour les produits achetés aux marchés (piments, tomate, etc.) ou parfois comme assiettes (Goussanou *et al.*, 2011). Du fait de sa résistance aux termites le bois de *Isobertia* spp. est fort recherché dans la construction de cases, d'enclos et la fabrication d'accessoires (Aminou, 2002). Les connaissances ethnobotaniques sont importantes pour la définition de stratégie de valorisation et de conservation des espèces. Dans la région de Zangnanado ce savoir endogène ne se limite pas à l'usage de certaines parties de l'espèce mais également à la connaissance des éléments déterminants la qualité et les défauts technologiques du bois. Les populations locales de part leurs acquis ancestraux arrivent à déterminer sans abattage un bon sujet de *Isobertia* spp. qui fournira un bois appréciable sans creux. Les investigations préliminaires ont révélé un savoir technologique sur *Isobertia* spp. mais aucune étude spécifique n'a abordé cet aspect. Il est opportun de capitaliser cette connaissance locale pour la mettre à profit de l'industrie du bois. Tenant compte de l'importance croissante de *Isobertia* spp. et autres utilités; disposer d'informations précises sur cette essence locale est un objet de préoccupation.

- Quel est le type de distribution spatiale de *Isobertia* spp dans la forêt de Zouzoukan?
- Comment la topographie influe-t-il la dynamique des peuplements à *Isobertia* spp ?
- Quels sont les critères endogènes de sélection des individus de *Isobertia* spp ?

Autant de questions auxquels il faut répondre pour assurer la pérennité et la durabilité des forêts claires à *Isobertia* spp. de la zone de transition Soudano-guinéenne dans la commune de Zangnanado. La zone d'étude est reconnue comme celle où prédominent les peuplements à *Isobertia* spp. (Fonton et Sagbo, 2004 ; Djègo, 2006 ; Hountondji, 2008).

L'objectif global de l'étude est de contribuer à la gestion durable des peuplements grégaires de *Isobertia* spp. dans la forêt de Zouzoukan à cheval sur les communes de Covè et de Zangnanado dans le département du Zou au centre du Bénin.

De façon spécifique il s'agit de :

- Caractériser la répartition structurale des populations à *Isobertia* spp.
- Analyser les relations entre la topographie et la distribution spatiale des individus de *Isobertia* spp.
- Capitaliser les connaissances endogènes des exploitants forestiers sur la qualité technologique du bois à *Isobertia* spp.

Les hypothèses qui sous-tendent ces objectifs sont les suivantes :

- La structure spatiale des peuplements à *Isobertia* spp est aléatoire.
- La topographie agit sur la structuration des peuplements à *Isobertia* spp.

- Les exploitants forestiers disposent de connaissance sur la détermination des défauts et la qualité technologique du bois avant l'abattage.

Le présent document en dehors de l'introduction, de la conclusion et des perspectives pour la thèse, comporte cinq (5) parties. La première partie porte sur la synthèse bibliographique sur *Isobertinia* spp. tandis que la deuxième partie présente le milieu d'étude. Dans la troisième partie l'accent est mis sur les matériels et méthodes utilisés pour l'étude. La quatrième partie présente les résultats obtenus qui sont discutés dans la cinquième partie, la discussion.

## **1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR *ISOBERLINIA* SPP.**

La synthèse bibliographique sur *Isobertinia* spp. est tirée de Kiki (2005) et de Dohou (2006).

### **1.1 Description botanique et systématique du genre *Isobertinia***

Le genre *Isobertinia* appartient à l'ordre des Légumineuses, à la famille des Caesalpinaceae et à la Tribu des Amherstieae (Aubreville, 1950 ; Aubreville, 1970 ; Geerling, 1988). Ce genre est caractérisé par 2 à 5 feuilles jugulées à stipules interfoliaires falciformes et caduques. Les inflorescences sont groupées en panicules. Les bractéoles valvaires enveloppent les fleurs constituées de 5 sépales linéaires et subégaux, 5 pétales de même longueur et de 10 à 13 étamines libres, subégales et exsertes. Les fruits sont des gousses s'ouvrant en deux valves ligneuses. Après la déhiscence, ces valves s'enroulent et se caractérisent par une surface masquée de nervures transversales plus ou moins proéminentes. Les opinions des botanistes sont très variables en ce qui concerne la position systématique de certaines espèces proches des *Isobertinia* vrais. Certaines espèces appartenant au genre *Isobertinia* ont été attribuées au genre *Pseudobertinia* puis actuellement au genre *Julbernardia* (Aubreville, 1950). D'autres espèces ont été réduites à des variétés de *Isobertinia angolensis* (Geerling, 1988). La révision du genre *Isobertinia* faite par Brenan (1963) cité par Aubreville (1970), a permis de distinguer cinq espèces de *Isobertinia*. Au Nord de l'équateur, il n'existe que les trois espèces suivantes *Isobertinia doka* ; *Isobertinia tomentosa* ; *Isobertinia paradoxa*. Au Sud de l'équateur se trouve *Isobertinia tomentosa* et les deux autres espèces ci-après : *Isobertinia angolensis* ; *Isobertinia scheffleri*. Dans les écosystèmes forestiers du Bénin, deux espèces ont été signalées. Il s'agit de *Isobertinia doka* et *Isobertinia tomentosa*. Par ailleurs, pour Glèlè Kakaï (2003), les trois espèces suivantes ont été signalées au Bénin : *Isobertinia doka* ; *Isobertinia tomentosa* ; *Isobertinia dalzielli* qui est souvent confondu avec le *tomentosa*. En effet, selon Brenan (1963) cité par Geerling (1988), les caractères séparant

*Isoberlinia tomentosa* et *Isoberlinia dalzielli* sont insuffisants pour maintenir les deux espèces. Par conséquent, le nom *Isoberlinia tomentosa* est adopté pour les deux espèces.

#### **1.1.1. *Isoberlinia doka* Craib et Stapt (Selon Aubreville, 1970)**

Arbre de 10 à 15 m de hauteur et pouvant atteindre parfois 20 m, *Isoberlinia doka* est caractérisé par 2 à 4 paires de folioles opposées ou sub-opposées. Les stipules interpétiolaires sont falciformes, ordinairement caduques et soudées plus ou moins à la base. Les rameaux et les feuilles sont glabres. Les fleurs blanches et subsessiles sont constituées de 5 pétales plus ou moins égaux, un calice tubulaire à 5 lobes pointus et 10 étamines. Les fruits sont oblongs de couleur marron, finement striés transversalement d'abord tomenteux puis glabres.

#### **1.1.2. *Isoberlinia tomentosa* (Harms) Craib et Stapt (Selon Aubreville, 1970)**

C'est un arbre de 10 à 15 m de haut, parfois 20 m, caractérisé par des rameaux et feuilles pubescentes. Les jeunes feuilles sont duveteuses. Les feuilles sont caractérisées par 3 à 4 paires de folioles sub-opposées plus ou moins pubescentes au-dessous. Les stipules sont falciformes et tomenteuses. Les folioles ovées ou elliptiques sont arrondies aux deux extrémités. Les fleurs sont blanc-rosées odorantes, un peu plus grandes que celles de *Isoberlinia doka*. Les pétales sont sub-égaux et on y rencontre 10 étamines. De façon pratique, la différence entre les deux espèces en peuplement mélangé se fait très bien. Les bouquets de *Isoberlinia doka* ont d'abord des feuilles mates cireuses, glabres mais bientôt brillantes éclatantes au soleil ; ceux de *Isoberlinia tomentosa* ont des feuilles nouvelles grises veloutées sur les deux faces qui prennent ensuite une couleur berge nuancée de vert et de rougeâtre. Geerling (1988) a signalé que *Isoberlinia doka* a une cime étroite avec ouverture alors que *Isoberlinia tomentosa* a une cime étalée et assez dense.

### **1.2 Aires de répartition et écologie**

Les espèces du genre *Isoberlinia* sont d'origine africaine. Elles ont une grande importance dans les paysages soudaniens et zambéziens, parce qu'elles s'y présentent à l'état de peuplement purs ou mélangés avec d'autres grandes légumineuses comme *Burkea africana*, *Prosopis africana*, et très fréquemment avec *Uapaca somon*, *Monotes kerstingii*, etc. En général, lorsqu'elles apparaissent, elles dominent les peuplements (Aubreville, 1970). Leurs peuplements constituent les plus belles forêts de l'Afrique Occidentale et Centrale (Normand, 1971). Les arbres de *Isoberlinia* spp. (figure1) se rencontrent depuis la Guinée et le Mali méridional jusqu'en Ouganda (Aubreville, 1970). En Afrique Occidentale, on les rencontre entre les 5° et 9° latitudes Sud. Les *Isoberlinia* sont des espèces frugales, qui peuvent se

contenter des terrains les plus médiocres. Ils peuvent pousser sur une large gamme de types de sol, même les plus marginaux. D'après Geerling (1988), *Isoberlinia doka* pousse généralement sur des sols argileux et bien drainés alors que *Isoberlinia tomentosa* est plus rencontré sur sol profond et caillouteux et sur des pentes. Ces arbres poussent naturellement sous climat soudanien ou soudano-guinéen où la pluviométrie moyenne varie de 900 à 1 100 mm avec 5 à 6 mois de saison sèche. Ils s'accommodent bien à des températures de 24,5 à 28,8 °C avec des amplitudes thermiques pouvant atteindre 6 °C. Ces arbres se multiplient abondamment par rejets de souches et de drageons et résistent aux feux, aux défrichements et à l'érosion. Selon Geerling (1988), la régénération par drageonnage très commune aux *Isoberlinia* est à la base de la distribution agrégative de ces espèces et explique le fait que les espèces apparaissent toujours en groupement. Dans tous les pays soudaniens, ils sont particulièrement remarquables en saison sèche dans le paysage gris desséché des savanes boisées (Aubreville, 1950 ; Geerling, 1988). Le facteur principal favorisant la vitalité de ces espèces est leur aptitude à entrer en symbiose avec les champignons du type mycorhizien (Yorou, 1999). Cette symbiose permet une augmentation de l'efficacité d'absorption des plantes, plus particulièrement l'absorption de l'eau et des éléments minéraux peu mobiles comme le phosphore. Les cellules des plantes colonisées ont une durée de vie plus longue, un pouvoir métabolique actif et elles peuvent absorber le phosphore énergiquement en des concentrations supérieures au seuil requis par le système racinaire (Bieleski, 1973 cité par Sagbo, 2000).

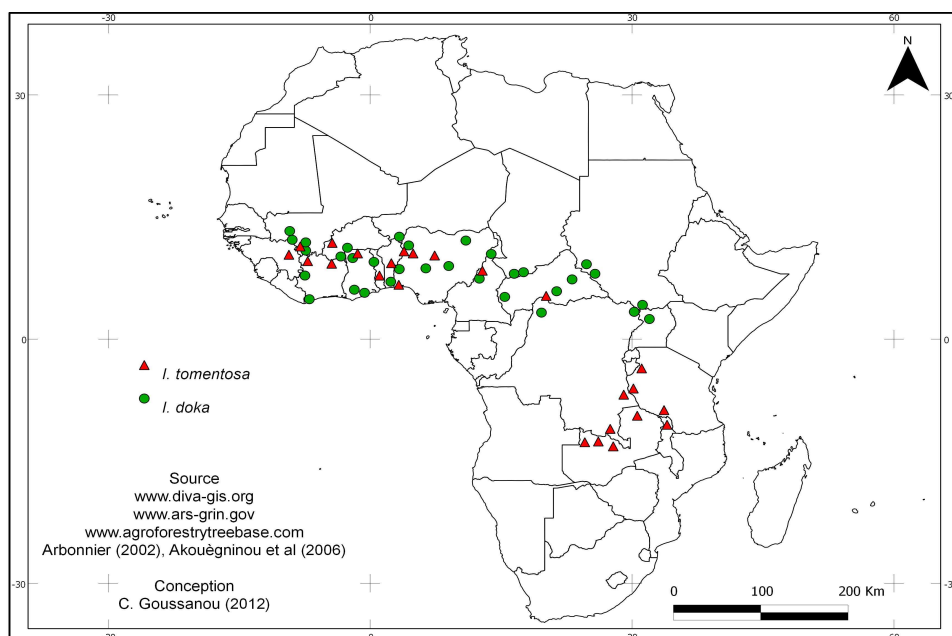


Figure 1: Distribution connue de *Isoberlinia* spp. en Afrique

## 2. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

### 2.1 Situation géographique

La forêt de Zouzoukan est comprise entre 7°20 et 7°32 latitude Nord et entre 2°15 et 2°25 longitude Est à cheval sur les communes de Covè et Zagnanado. Avec une superficie de 36.119 ha et est limitée au nord par la commune de Dassa-Zoumè, au sud par les Communes de Ouinhi et de Zogbodomey, à l'est par les Communes de Kétou, Adja-Ouèrè et à l'ouest par les Communes de Covè, Za-Kpota et Djidja (figure 2).

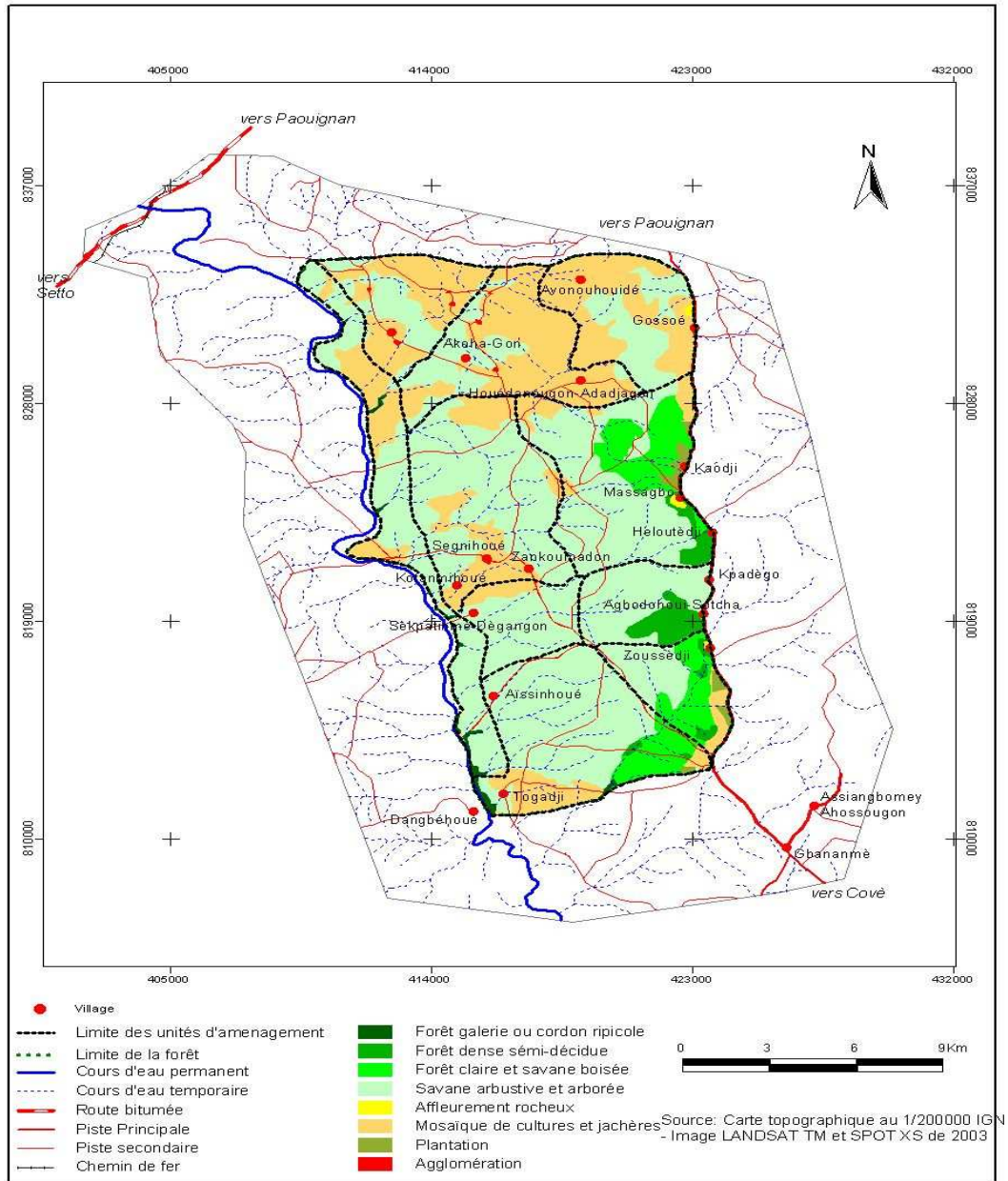


Figure 2 : Carte d'occupation du sol de la forêt de Zouzoukan

## 2.2 Climat

Il est de type subéquatorial avec des précipitations abondantes au cours de l'année. On distingue quatre saisons dont deux pluvieuses (de mars à juillet et de septembre à octobre) et deux sèches (novembre à mars et Juillet à Septembre). La pluviométrie a donc une distribution bimodale (figure 3). La période active de végétation, période où la pluviométrie est supérieure à la moitié de l'ETP (Sinsin, 1993) va de fin Mars à mi-novembre. La période durant laquelle les plantes ne souffrent d'aucun stress hydrique couvre la période de mi-avril à fin juillet d'une part, et de septembre à début novembre d'autre part.

La moyenne des précipitations annuelle de 985 mm (PBF II, 2010). La température moyenne quant à elle varie entre 25 °C et 31 °C et l'humidité relative est comprise entre 57% et 87% (Azihou, 2010).

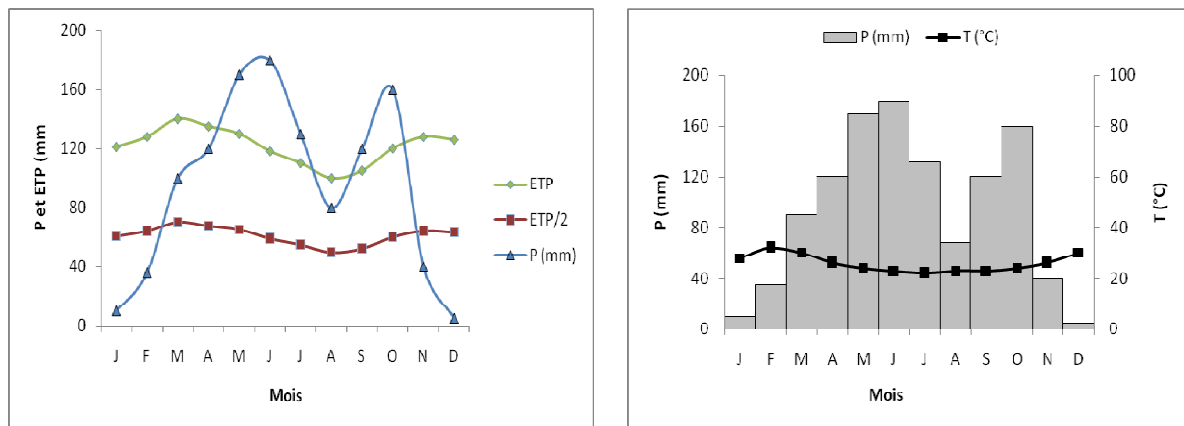


Figure 3: Diagramme ombrothermique et pluviométrique  
Source : ASECNA, (Données de la station de Bohicon de 1979-2009)

## 2.3 Relief – Sol – Hydrographie (Tiré de PBF II, 2010)

Le relief est constitué d'un plateau de 200 à 300 m d'altitude environ légèrement incliné vers le Sud-est. La forêt communautaire de Zouzoukan est caractérisée par trois grands types de sols :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés formés sur les terrains cristallins. Ce sont des sols concrétionnés ou gravillonnaires, faisant apparaître des cuirasses par endroit. Ils sont soumis à un fort lessivage en raison de leur richesse en sable fin et en limon, et à cause de leur faible structuration.
- Les sols ferralitiques sur grès et matériau colluvial ou sédiments argilo-sableux du continental terminal qui sont des sols profonds plus ou moins rubéfiés. Ils présentent une forte individualisation des sesquioxides de fer et d'aluminium, et une dominance

d'argile de type kaolinite. Ces sols qui étaient fertiles à l'origine sont actuellement épuisés par la surexploitation.

- Les sols hydromorphes à pseudo-gley sur sable, puis à pseudo-gley sur matériau alluvial argileux des vallées et des plaines argileuses sont caractérisés par un engorgement. Ils se retrouvent le long des cours d'eau. En période de crue, ces sols sont gorgés d'eau. En période d'étiage, ils perdent toutes leurs eaux et se fendillent ; ce sont principalement des vertisols.

Le Zou qui a donné son nom au massif forestier Zouzoukan (forêt du Zou) constitue le plus grand cours d'eau qui contrôle le réseau hydrographique de cette forêt. D'une longueur de 150 km dont 23 km délimitant la forêt du côté Ouest, le Zou a un débit important en période de crue (saison pluvieuse) mais faible à la fin de la saison sèche. Principal affluent de l'Ouémé, il arrose la forêt par les plans et cours d'eau.

#### **2.4 Végétation et faune** (Tiré de Fahala et Guidibi, 2006 ; Gbétie, 2009 ; PBF II, 2010)

Les galeries forestières, de forêts claires, savanes boisées, savanes arborées et arbustives les formations herbeuses et les formations mixtes constituent la végétation de cette forêt. Ces formations sont parsemées de champs et de jachères. La strate herbacée est caractérisée par des espèces telles que : *Pennisetum polystachion*, *Indigofera* spp. et *Tephrosia pedicellata* avec des recouvrements plus ou moins importants selon les formations et selon les activités anthropiques. Les galeries forestières sont des formations de forme linéaire, installées le long des cours d'eau. On les retrouve sur les sols généralement sableux et sablo-limoneux. On note également la présence des arbustes aux troncs minces à frondaison lâche et quelques arbres. Les espèces fréquentes sont *Combretum nigricans*, *Detarium microcarpum*, *Gardenia erubescens* et *Gardenia ternifolia*. Les espèces ligneuses rencontrées dans les champs et les jachères sont celles épargnées à cause de leur importance socio-économique. Il s'agit essentiellement du karité (*Vitellaria paradoxa*) et du néré (*Parkia biglobosa*).

Une gamme variée d'animaux se rencontre dans le milieu. En plus des reptiles, les quatre ordres de mammifère à savoir les primates, les artiodactyles, les carnivores et les rongeurs sont assez fréquentes. Parmi les oiseaux les quelques espèces observées sont : la pintade (*Numida meleagris*), le francolin (*Francolinus* spp.), le héron garde bœuf (*Ardeola ibis*). Les reptiles les plus rencontrés sont le varan terrestre (*Varanus exanthemicus*), les pythons (*Python sebae*, *P.regius*), la tortue terrestre (*Testudo sulcata*). Au niveau des cours d'eau les

espèces de poissons on observe le capitaine (*Lates niloticus*), le tilapia (*Tilapia zillii*), les Clarias (*Clarias agboyiensis* et *C. anguillaris*) et l'hétérotis (*Heterotis niloticus*).

## **2.5. Facteurs humains**

### **2.5.1 Groupes socio-culturels et religion**

La population de la Commune de Zagnanado comprend au dernier recensement (RGPH3) réalisé en 2002, un effectif de 36.756 habitants soit 6,1% de la population du département du Zou. La population de Zagnanado est dominée par deux grands groupes ethniques. Elle est majoritairement composée des Mahi qui représentent 90,5% et des Yoruba et assimilés qui font 8,1%. On y retrouve aussi trois grandes catégories de religions dans la commune : les religions chrétiennes (47,2%), les religions traditionnelles (30,5%) et l'islam (2,8%).

### **2.5.2 Activités socioéconomiques**

#### **2.5.2.1 Agriculture**

Les terres constituent le support le plus important pour les activités agricoles dans les communes. En ce qui concerne l'utilisation des terres, les superficies emblavées dans les exploitations en général varient de 0,35 ha à 24 ha avec en moyenne 4,61 ha. Le taux d'utilisation des terres cultivable dans les communes est d'environ 55%. Les principales cultures pratiquées dans les exploitations agricoles sont le maïs, le manioc, le coton, l'arachide, le niébé, la patate douce et certaines cultures maraîchères et le taro qui sont réalisées dans les bas-fonds (Fahala et Guidibi, 2006). Au titre des essences pérennes cultivées, le palmier à huile est l'espèce la plus répandue. Environ 60% des exploitations entretiennent une plantation de palmiers à huile naturels. Les agrumes et le teck sont plantés dans 10% des exploitations.

#### **2.5.2.2. Elevage**

Dans la zone d'étude, l'élevage est pratiqué sous les deux formes : l'élevage des bovins est l'apanage des Peuhls venant du Nord-Bénin et les pays limitrophes (Niger, Nigéria). Le petit élevage est pratiqué par les populations riveraines et les principales espèces élevées sont les volailles, les caprins, les ovins et les porcins.

#### **2.5.2.3 La chasse et Pêche**

La chasse est aussi une activité pratiquée dans la région à des fins alimentaires et parfois commerciales. Elle englobe les jeunes et les vieux. Fusils, pièges, feux de brousse, chiens sont les moyens dont disposent les populations pour assurer cette activité. Les animaux les plus fréquemment capturés sont l'aulacode, les rats de Gambie, le francolin, le lièvre à oreilles de lapin etc.

### 3. MATERIEL ET METHODES

#### 3.1 Matériel biologique et matériel de terrain

Le matériel biologique de cette étude est constitué des individus de *Isoberlinia spp.* et les habitats qui les hébergent tandis que la composition du matériel de terrain est présenté dans le tableau I.

Tableau I : Matériel de terrain

Matériel	Utilité
Pentadécamètre	Délimitation des placeaux, et distance entre individus
GPS (Global Positionning System)	Prise des coordonnées géographiques des placeaux
Clinomètre/ Boussole SUUNTO	Orthogonalité des placeaux, Pente, Azimut, Hauteur
Ruban Pi	Diamètre (dbh) des individus
Appareil photo numérique	Photo d'illustrations
Rubans fluorescents	Marquage des arbres mesurés ;
Fiches	Enquêtes ethnobotaniques, relevés dendrométriques
Machette	Coupe des piquets et ouverture de passage
Guides de reconnaissance des espèces	Identification des espèces

#### 3.2 Méthodes d'étude

##### 3.2.1 Caractérisation structurale des populations à *Isoberlinia spp.*

###### 3.2.1.1 Echantillonnage et installation des placeaux

Cette étude a été menée dans les forêts claires à *Isoberlinia spp.* de la forêt de Zouzoukan. Pour la détermination du nombre  $n_t$  de placeaux, la formule de Dagnelie (1998) suivante a été utilisée :

$$n_t = t_{1-\alpha/2}^2 \frac{Cv^2}{d^2}$$

Avec  $n_t$  la taille de l'échantillon considérée ;  $t_{1-\alpha/2}$  ( $\alpha = 5\%$ ) la valeur critique de la distribution  $t$  convergeant vers une distribution normale équivalent à 1,96 ;  $Cv$  est le coefficient de variation de la surface terrière;  $d$  est la marge d'erreur de l'estimation fixée à une valeur de 5%.

Pour déterminer le coefficient de variation de la surface terrière, un sondage sur une population de 50 individus pris au hasard, lors de la phase exploratoire a permis de mesurer leurs dbh. Le  $Cv$  déterminé est de 14,33%. L'application de la formule avec ces différentes valeurs porte le nombre de placeaux  $n_t = 32,85$  arrondi à 35. Trente cinq placeaux

rectangulaires de 900 m<sup>2</sup> (30 m x 30 m) en tenant compte du rapport du Projet SUN-UE (2008) concernant la taille et la forme des placeaux en forêt ont été donc installés.

### 3.2.1.2 Collecte de données

Des relevés écologiques ont été effectués en lieu et place de relevés phytosociologiques (tenant compte en plus des herbacées) du fait des feux de végétation. En effet, lors des travaux de collecte de données les feux de végétation ont déjà été effectués. Les strates sous arbustive et herbacées ( $h < 3$  m) étaient pratiquement brûlées. Dans les placeaux les principales mesures dendrométriques effectuées sont :

- le diamètre de tous les pieds de *Isoberlinia* spp. mesuré à hauteur d'homme (1,30 m du sol) ;
- la hauteur totale de tous les pieds de *Isoberlinia* spp. de  $dbh \geq 10$  cm.

En outre, tous les arbres de  $dbh \geq 10$  cm de toutes les espèces ligneuses présentes dans chacun des placeaux de 30 m x 30 m ont été recensés et leur diamètre mesuré.

### 3.2.1.3 Traitement des données

La diversité floristique a été appréciée par la détermination des paramètres suivants :

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

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \log_2 \frac{n_i}{n} ; \quad (2)$$

$n_i$  étant le nombre d'individus de l'espèce  $i$  et  $n$ , le nombre total d'individus inventoriés dans les placeaux. Cet indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces. Avec la richesse spécifique, ils sont très dépendants de la taille de l'échantillon.

- *L'équitabilité de Pielou* ( $Eq$ ), elle est une mesure de la stabilité du peuplement et équivaut au rapport de  $H$  à l'indice maximal théorique dans le peuplement ( $H_{\max}$ ) comme suit:

$$Eq = \frac{H}{H_{\max}} \quad \text{avec} \quad H_{\max} = \log_2 S \quad (3)$$

$H_{max}$  représente l'indice de diversité maximale théorique de Shannon dans le peuplement. L'indice  $E_q$  peut varier de 0 à 1; il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et minimal quand une seule espèce ou un petit groupe d'espèces domine tout le peuplement. Très peu sensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

- *La densité du peuplement* ( $N$ , en arbres/ha) : c'est le nombre moyen d'arbres sur pied ramené à l'hectare, calculé par la formule suivante :

$$N = \frac{n}{s}$$

$n$  étant le nombre total d'arbres du placeau de superficie  $s$

- *Diamètre des arbres fourchus à moins de 1,3 m du sol* ( $D$ , cm) : pour un arbre avec  $w$  fourches à moins de 1,3m du sol, chacune de diamètre  $df_i$ , le diamètre global ( $D$ ) est calculé en utilisant la formule ci-après.

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^w df_i^2}$$

- *La surface terrière* ( $G$ , en  $m^2/ha$ ) est la somme des surfaces des sections transversales à 1,30 m du sol de tous les arbres du placeau, puis ramenée à l'hectare et calculée comme suit :

$$G = \frac{\pi}{40000 s} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

$d_i$  représentant le diamètre (en cm) de l'arbre  $i$  du placeau considéré et  $s$ , la surface du placeau en ha.

- *Hauteur des arbres* ( $Ht$ , m) qui est donnée par la formule suivante :

$Ht = d (\tan \alpha_{1i} + \tan \alpha_{2i})$  où  $d_i$  = distance estimée de chute de l'arbre  $i$ ,  $\alpha_{1i}$  = visée haut effectuée avec le clinomètre pour l'arbre  $i$ ,  $\alpha_{2i}$  = visé bas obtenue avec le clinomètre pour l'arbre  $i$ .

- *La hauteur moyenne de Lorey* ( $H_L$ , en m) est la hauteur moyenne des arbres, pondérée par leur surface terrière (Philip, 2002) et calculée comme suit :

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

$g_i$  et  $h_i$  étant respectivement la surface terrière et la hauteur totale de l'arbre  $i$ .

Pour détecter des configurations spatiales, on peut préférer aux distributions statistiques certains indices faciles à calculer, comme l'indice de dispersion de Blackman ( $IB$ ) ou l'indice de Green ( $IG$ ) si les unités d'échantillonnage sont discrètes.

- *Indice de Blackman ( $IB$ )*: il permet d'apprécier la distribution des arbres d'une espèce donnée (ici *I. doka* et *I. tomentosa*) au sein d'un groupement végétal donné (Jayaraman, 1999) et obtenu comme suit :

$$IB = s_N^2 / N .$$

$N$  et  $s_N^2$  sont respectivement la moyenne et la variance de la densité de l'espèce dans la formation végétale. L'interprétation se fait par rapport à l'unité. En effet, si:

$IB < 1$ , la distribution est dite régulière (ou uniforme);

$IB = 1$ , la distribution est dite poissonnière (ou aléatoire);

$IB > 1$ , elle est agrégée (ou en bouquets).

Mais il faut cependant noter que l'indice  $IB$  est surtout utile pour évaluer la concordance d'un ensemble de données avec la série de Poisson. Par contre, ce n'est pas un bon paramètre pour mesurer le degré de regroupement car si la population est regroupée en bouquets, l'indice  $IB$  est fortement influencé par le nombre d'individus dans l'échantillon, et ne sera un bon indice comparatif de regroupement que dans le cas où  $n$  est le même dans chaque échantillon.

- *Indice de Green ( $IG$ )*: c'est une version améliorée de l'indice de Blackman qui s'écrit:

$$IG = \frac{(IB-1)}{n-1}$$

$IG$  varie de 0 (pour la dispersion aléatoire) à 1 (pour le regroupement maximal). La valeur de l' $IG$  peut être négative (répartition régulière). On peut utiliser l'Indice de Green pour comparer des échantillons dont le nombre total d'individus, la moyenne et le nombre d'unités d'échantillonnage dans l'échantillon varient. En conséquence, parmi les nombreuses variantes de l'indice  $IB$  qui ont été proposées pour mesurer le degré de regroupement, l'Indice de Green semble la plus appropriée.

L'ensemble des individus tant de toutes les espèces recensées que de *Isoberlinia* spp. ont été répartis par classes de diamètre d'amplitude 10 cm. Ainsi, les densités d'arbres (en arbres/ha) par classe de diamètre ont été déterminées. En ce qui concerne la structure en hauteur, les arbres sont regroupés par catégories de hauteur. Les classes ainsi constituées sont d'amplitude 2 m. Aussi, les fréquences absolues par classes de hauteur ont été déterminées et ont servi au calcul de la densité (en arbres/ha) par classes de hauteur. Les différents histogrammes construits 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 grande souplesse d'emploi. Sa fonction de densité de probabilité se présente sous la forme ci-dessous (Rondeux, 1999):

$$f(x) = \frac{c}{b} \left( \frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left[ - \left( \frac{x-a}{b} \right)^c \right], \quad (10)$$

où  $x$  = diamètre (circonférence) des arbres;  $a$  = paramètre d'origine (ou de position) et il est égal à 0 si toutes les catégories d'arbres sont considérées (des plantules jusqu'aux semenciers); il est non nul si les arbres considérés ont un diamètre supérieur ou égal à  $a$ ; dans la présente étude,  $a$  est égal à 10 cm le cas des structures en diamètre et égal à 4 m dans le cas des structures en hauteur des arbres;  $b$  = paramètre d'échelle ou de taille et il est lié à la valeur centrale des diamètres ou circonférences des arbres du peuplement considéré;  $c$  = paramètre de forme lié à la structure en diamètre ou hauteur considérée, et selon les valeurs du paramètre de forme  $c$ , la distribution de Weibull prend plusieurs formes comme le montre le tableau II.

Tableau II: Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre de forme  $c$

$c < 1$	Distribution en « J renversé », caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes
$c=1$	Distribution exponentielle décroissante, caractéristique des populations à fort potentiel de régénération
$1 < c < 3,6$	Distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faibles diamètres
$c= 3,6$	Distribution asymétrique; structure normale, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte
$c > 3,6$	Distribution asymétrique négative ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés

Source : Glèlè Kakai et Bonou, 2010

Pour évaluer la composition floristique des différentes unités ; l'indice de valeur d'importance (IVI) de chaque espèce ligneuses a été calculé (Curtis et Macintosh, 1951) suivant la formule :

$$IVI_i = RD_i + RF_i + RC_i$$

$RD_i$  est la densité relative de l'espèce  $i$ :  $RD_i = N_i / \sum_{i=1}^p N_i$ , avec  $p$  le nombre total d'espèces et  $N_i$  est la densité d'arbre de l'espèce  $i$ ,

$RF_i$  est la fréquence relative de l'espèce  $i$ :  $RF_i = f_i / \sum_{i=1}^p f_i$ ,  $f_i = \frac{j_i}{k}$ , avec  $f_i$  la

fréquence de l'espèce  $i$ ,  $j_i$  est le nombre de placeaux dans lesquels l'espèce  $i$  a été compté, et  $k$  est le nombre total de placeaux.

$RC_i$  est la couverture relative pour l'espèce  $i$ :  $RC_i = C_i / \sum_{i=1}^p C_i$ ,  $C_i = \frac{a_i N_i}{n_i}$ , avec  $C_i$

la couverture de l'espèce  $i$ , i.e. la proportion du sol occupé par une projection vertical au sol des partie aérienne de la plante;  $a_i$  est la surface terrière de l'espèce  $i$ ;  $N_i$  est la densité de l'espèce  $i$  et  $n_i$  est le nombre total d'individus échantillonnés pour ladite espèce.

La valeur de l'IVI est comprise entre 0 et 3 et donne une estimation totale du niveau d'importance de l'espèce végétale dans la communauté. Le coefficient de corrélation de la valeur de l'IVI entre les différentes unités topographiques a été déterminé. La technique de la classification numérique a été effectuée en utilisant le logiciel SAS pour grouper les espèces selon leur valeur d'IVI dans les différentes unités topographiques identifiées. Une analyse en composante principal (ACP) avec le logiciel SAS 9.2 a aussi été appliqué aux données d'IVI dans les trois unités topographiques (Assogbadjo *et al.*, 2010).

### 3.2.2 Distribution spatiale des individus d'*Isobertinia spp.* en relation avec la topographie

#### 3.2.2.1 Installation des placeaux

Trois placeaux de 1 ha (100 m x 100 m) ont été installé. Cette taille et ce nombre de placeaux ont été fixés par unité topographique (sommet, versant et bas de versant) et suivant l'homogénéité floristique en vue d'obtenir une meilleure représentativité des individus. Chaque placeau a été subdivisé en quatre parcelles de 100 m x 25 m (figure 4) pour faciliter la collecte des données et éviter les répétitions et omissions.

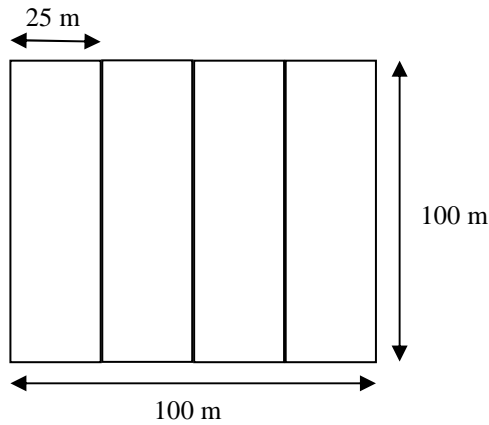


Figure 4: Dispositif d'inventaire forestier

### 3.2.2.2 Collecte de données

Dans chaque parcelle, la distance  $d$  entre individus les plus proches a été déterminé ainsi que l'azimut de chaque individu et sa pente, la hauteur et l'état de maturité comme plantule ( $d < 10$  cm ;  $h < 1$  m), juvénile ( $d < 10$  cm ;  $h > 1$  m) et adulte ( $d > 10$  cm ;  $h > 1$  m). Au sein de chaque parcelle ou placeau les diverses variations comme le profil du fût, la forme et la largeur de la couronne ont été notés sur chaque pied d'arbre. De même, les caractéristiques stationnelles comme le type de sol, la pente et les signes de perturbations anthropiques ont été mentionnés et chaque placeau est géoréférencié grâce au GPS.

### 3.2.2.3 Traitement des données

Les données collectées ont été traitées telles que décrites précédemment. Toutefois ici la répartition spatiale a été faite autrement. En effet les données d'azimut, de pente et de distance entre les individus proches ont été encodées et traitées avec le logiciel Excel. Ces données sont ensuite soumises au logiciel Arpent 1.3.d (Lejeune, 2001) et les coordonnées X et Y des arbres ont été automatiquement générées. La répartition spatiale des pieds d'arbres a été réalisée par le "spatial point pattern" (spp) analysis qui est un semis de points grâce au logiciel R 2.13. Ensuite, la distribution spatiale a été réalisée grâce au *package Spatstat* (Baddeley et Turner, 2005) disponible dans cette version de R. La *nndist procedure* du package a été effectué pour déterminer les distances minimale et maximale entre proches voisins.

Mieux la méthode de Ripley (1977) basée sur la théorie des processus ponctuels a été utilisée. Cette méthode permet de caractériser la structure spatiale, de tester l'hypothèse nulle de distribution aléatoire (processus de Poisson) en le comparant aux distributions réelles de distances entre individus, d'estimer les paramètres de distribution et d'ajuster les modèles dynamiques (Dixon, 2002 *in* Diouf, 2006). L'intérêt de la méthode de Ripley réside donc dans

le fait qu'elle est la seule parmi les différentes méthodes d'analyse des processus ponctuels à caractériser la structure spatiale simultanément pour plusieurs distances (Goreaud, 2000).

- la fonction K de Ripley et les fonctions associées

La méthode la plus importante et la plus utilisée de l'analyse de processus ponctuel fut proposée par Ripley (1977) à travers la fonction K(r) qui doit être estimée pour un semis de points réel.

L'espérance du nombre de voisins à distance r d'un point quelconque est approché par sa moyenne sur l'ensemble des individus du semis, puis cela est déterminée comme suit.

$$\hat{K}(r) = \frac{A}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{I_r}{w_{ij}} \quad \text{Avec : } A = \text{la surface du domaine d'étude; } N = \text{le nombre d'individus dans le domaine d'étude ; } r = \text{distance utilisée comme}$$

rayon du cercle autour de chaque individu à l'intérieur duquel tous les individus sont comptés ;

$I_r$  = fonction indicatrice qui vaut 1 si  $d_{ij}$  (distance séparant le point i du point j)  $\leq r$  et 0 si  $d_{ij} > r$  ;

$w_{ij}$  = facteur de correction des effets de bords.

- La fonction L de Besag

Besag (1977) a proposé la fonction L (r) qui est une transformation de K(r) et plus facile à interpréter afin de "linéariser" la courbe K(r) et stabiliser sa variance. La fonction ainsi modifiée est exprimée par l'équation suivante :

$$\hat{L}(r) = \sqrt{\frac{\hat{K}(r)}{\pi}} - r$$

où pour un processus de Poisson, à toutes distances r,  $L(r) - r = 0$ .

- Les fonctions intertypes

Les fonctions K(r) et L(r) peuvent également être étendues aux situations où plusieurs types de points sont distingués dans un même domaine d'étude sur la base d'une marque qualitative et/ou quantitative: Pour analyser la structure spatiale d'un tel peuplement, on utilise la fonction  $K_{ij}(r)$  qui est l'équivalent de la fonction K(r). Elle est estimée par l'équation suivante, où i et j sont des individus d'espèces différentes :

$$\hat{K}_{ij}(r) = \frac{A}{n_i n_j} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n_j} \frac{I_r}{w_{ij}}$$

avec  $n_i$  le nombre d'individus de type i ;  $n_j$  le nombre d'individus de type j ;

Comme pour le cas univarié, on utilise généralement la fonction modifiée couramment appelée fonction intertype  $L_{ij}(r)$ , plus facile à interpréter et estimée par l'équation :

$$\hat{L}_{ij}(r) = \sqrt{\frac{\hat{K}_{ij}(r)}{\pi}} - r$$

La fonction  $L(r)$ , qui caractérise la structure de semis de points simples à chacune des distances  $r$ , est utilisée pour tester l'hypothèse nulle de structure aléatoire (Processus de Poisson). On utilise une approche dite de "Monte Carlo" pour tester l'hypothèse nulle. Cette approche consiste à construire pour chaque distance  $r$  fixée, un intervalle de confiance local pour un risque  $\alpha$  par la simulation d'un grand nombre de réalisations du processus Poisson. Pour  $r$  fixé, ces valeurs sont triées et les bornes de l'intervalle de confiance local sont estimées. A cet effet, la fonction  $L(r)$  (Besag 1977) qui est une forme linéarisée de la fonction  $K(r)$  de Ripley a été utilisée à cause de la facilité d'interprétation qu'elle offre. Pour ce faire, le test de Monte Carlo au seuil de 5% a été utilisé pour générer les bornes de l'intervalle de confiance à 999 simulations.

### **3.2.3 Capitalisation des connaissances endogènes des exploitants forestiers sur la qualité technologique du bois à *Isberlinia* spp.**

#### **3.2.3.1 Echantillonnage et choix des enquêtés**

Au niveau des ménages la sélection des informateurs a été faite de façon aléatoire. Un sondage sur une population de 50 personnes prise au hasard, lors de la phase exploratoire a permis de déterminer la taille de l'échantillon porté à 115 personnes. Pour la détermination du nombre d'informateurs, la formule suivante de Dagnelie (1998) a été utilisée.

$$n = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 \times p(1-p)}{d^2}$$

avec :  $n$  la taille de l'échantillon considérée ;  $p$  la proportion d'informateurs qui utilisent l'espèce cible déterminée lors de la phase exploratoire ( $p = 0,62$ ) ;  $U_{1-\alpha/2}$  la valeur de la loi normale à la valeur de probabilité  $1-\alpha/2$  avec  $\alpha = 5\%$  est de 1,96 ;  $d$  est la marge d'erreur de l'estimation fixée à une valeur de 7%.

L'application de cette formule donne  $n = 114,52$  individus qui est arrondi à 115 personnes. Cet échantillon a été choisi compte tenu de l'apparition des mêmes informations à partir d'un certain nombre d'informateurs.

#### **3.2.3.2 Enquêtes ethnobotaniques**

Les données ont été collectées à partir des enquêtes ethnobotaniques auprès des populations rurales. Les enquêtes ethnobotaniques ont pris en compte les groupes ethniques, les classes d'âge (adultes < 40 ans et adultes  $\geq$  40 ans) et les catégories professionnelles à savoir scieurs, charbonniers, agriculteurs (Monteiro *et al.*, 2006). Un questionnaire a servi de base à cette collecte et à abordé :i) l'identification de l'informateur et de son village; ii) les utilisations

(alimentation, religion, culture, pharmacopée traditionnelle, interdits, cérémonies ou rites liés à l'arbre et commerce); iii) les techniques de reconnaissance de la qualité du bois. Pour rassembler les données d'enquête, des entretiens individuels ont été réalisées sur la base de questions ouvertes en langue vernaculaire dans la zone d'enquête auprès des personnes appartenant aux différents groupes ethniques. Les informations obtenues sur les formes d'utilisations sont regroupées, par ethnie, par sexe, par âge et par catégorie socioprofessionnelle, afin de tester les différences significatives liées aux connaissances ethnobotaniques.

### **3.2.3.3 Traitement des données**

Les données issues des enquêtes ethnobotaniques ont d'abord été soumises au tableur Excel. L'analyse des données se fera par la détermination d'un certain nombre d'indices ethnobotaniques (Tableau III) tels que l'indice de diversité et d'équitabilité des enquêtés.

**Tableau III: Indices ethnobotaniques**

Indices calculés	Méthodes	Interprétation	Références
Indice de diversité de l'enquête (ID) $ID = U_x / U_t$ ; ID $\in$ [0, n]	ID, nombre d'utilisations citées par un enquêté ( $U_x$ ) divisé par le nombre total d'utilisations ( $U_t$ )	Mesure combien d'enquêtés utilisent l'espèce et comment cette connaissance est distribuée parmi les enquêtés	Byg et Basley (2001) ; Machado et al. ( 2010)
Indice d'équitabilité de l'enquête (IE) $IE = ID / ID_{max}$ ; IE $\in$ [0, 1]	IE, valeur de la diversité divisé par la valeur de l'indice de diversité le plus élevé trouvé ( $ID_{max}$ )	Mesure le degré d'homogénéité des connaissances des enquêtés	Byg et Basley (2001) ; Machado et al. ( 2010)
Valeur consensuelle sur les types d'usages (CTU) $CTU = (TU / U_t) / S$ ; CTU $\in$ [-1, 1]	CTU, nombre de fois que l'usage est rapporté (TU) divisé par le nombre total d'usages ( $U_t$ ). Cette valeur est ensuite divisée par les types d'usages classés par catégorie	Mesure le degré de concordance entre les enquêtés au regard des usages faits de l'espèce	Monteiro et al. (2006) ; Machado et al. ( 2010)
Valeur de diversité d'utilisation (UD) $UD = U_{cx} / U_{ct}$ ; UD $\in$ [0, m]	UD, nombre d'utilisations par catégorie (alimentation, construction, combustible, etc.) ( $U_{cx}$ ) divisé par le nombre total d'utilisations pour toutes les catégories ( $U_{ct}$ )	Mesure l'importance des catégories d'usages et la manière dont ils contribuent aux valeurs d'usages locales	Byg et Basley (2001) ; Machado et al. ( 2010)
Valeur d'équitabilité d'utilisation (UE) $UE = UD / UD_{max}$ ; UE $\in$ [0, 1]	UE, valeur de diversité des usages (UD) divisée par la valeur de l'indice de diversité le plus élevé ( $UD_{max}$ )	Mesure le degré d'homogénéité des connaissances au regard des catégories d'usages	Byg et Basley (2001) ; Machado et al. ( 2010)

n= nombre d'enquêtés faisant recours à cette utilisation

m= nombre de catégories constituées.

Source : Dadjo *et al.*, 2012

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisé au seuil de 5% avec le logiciel Minitab 14 en vue d'évaluer l'importance des différences dans les connaissances citées par les populations (Machado *et al.*, 2010). Une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) basée sur les données d'enquêtes ethnobotaniques collectées a été réalisée avec le logiciel Minitab14 pour corrélérer les techniques de reconnaissance de qualité du bois de *Isobertinia* spp. suivant les différents groupes socioculturels et les catégories socioprofessionnelles.

## 4. RESULTATS

### 4.1 Composition floristique et caractéristique structurale sous *Isoberlinia* spp.

#### 4.1.1 Composition floristique

Les indices de valeurs d'importance (IVI) ont été calculés pour chaque espèce et par unité topographique. La classification numérique des IVI des espèces a montré 3 groupes avec 98,68% d'explication des résultats. La projection des 3 groupes dans un système d'axe est obtenue par l'analyse en composante principale (ACP) des valeurs des IVI est représenté par la figure 5. Le premier axe est positivement corrélé avec les IVI des espèces de toutes les unités topographiques et a représenté la valeur la plus élevée pour toutes les unités topographiques. L'axe 2 discrimine les groupes d'espèces suivant les unités topographiques. Le groupe 1 a représenté les espèces les plus fréquentes en bas de versant, tandis que le groupe 2 a présenté les espèces les plus fréquentes sur le versant. Le groupe 3 est largement partagé sur les différentes unités topographiques. Le tableau IV a présenté la moyenne des valeurs d'IVI par groupes constituées et suivant les unités topographiques. L'analyse de ce tableau a montré que les groupes 1 et 3 avaient des valeurs les plus élevées en bas de pente, tandis que le groupe 2 avait sa valeur la plus élevée sur le versant. Le groupe 1 est dominé par *Ximения americana* (IVI = 0,20), *Anogeissus leiocarpa* (IVI = 0,27) et *I. doka* (IVI = 1,33), tandis que le groupe 2 est dominé par *I. tomentosa* (IVI = 0,31) et *Pterocarpus erinceus* (IVI = 0,35), tandis que le groupe 3 est dominé par *I. doka* (IVI = 1,19). La répartition des espèces par groupes avec leurs valeurs d'IVI par unités topographiques est présentée dans l'annexe 5.

Tableau IV: Valeurs moyennes d'indice de valeur d'importance des groupes selon les unités topographiques

Groupes		Valeurs enregistrées		
		au Sommet	sur le Versant	en Bas de pente
Groupe 1	moyenne	0,04	0,03	0,05
	Ecart-type	0,03	0,04	0,07
Groupe 2	moyenne	0,20	0,26	0,09
	Ecart-type	0,08	0,08	0,05
Groupe 3	moyenne	1,18	1,20	1,33
	Ecart-type	-	-	-

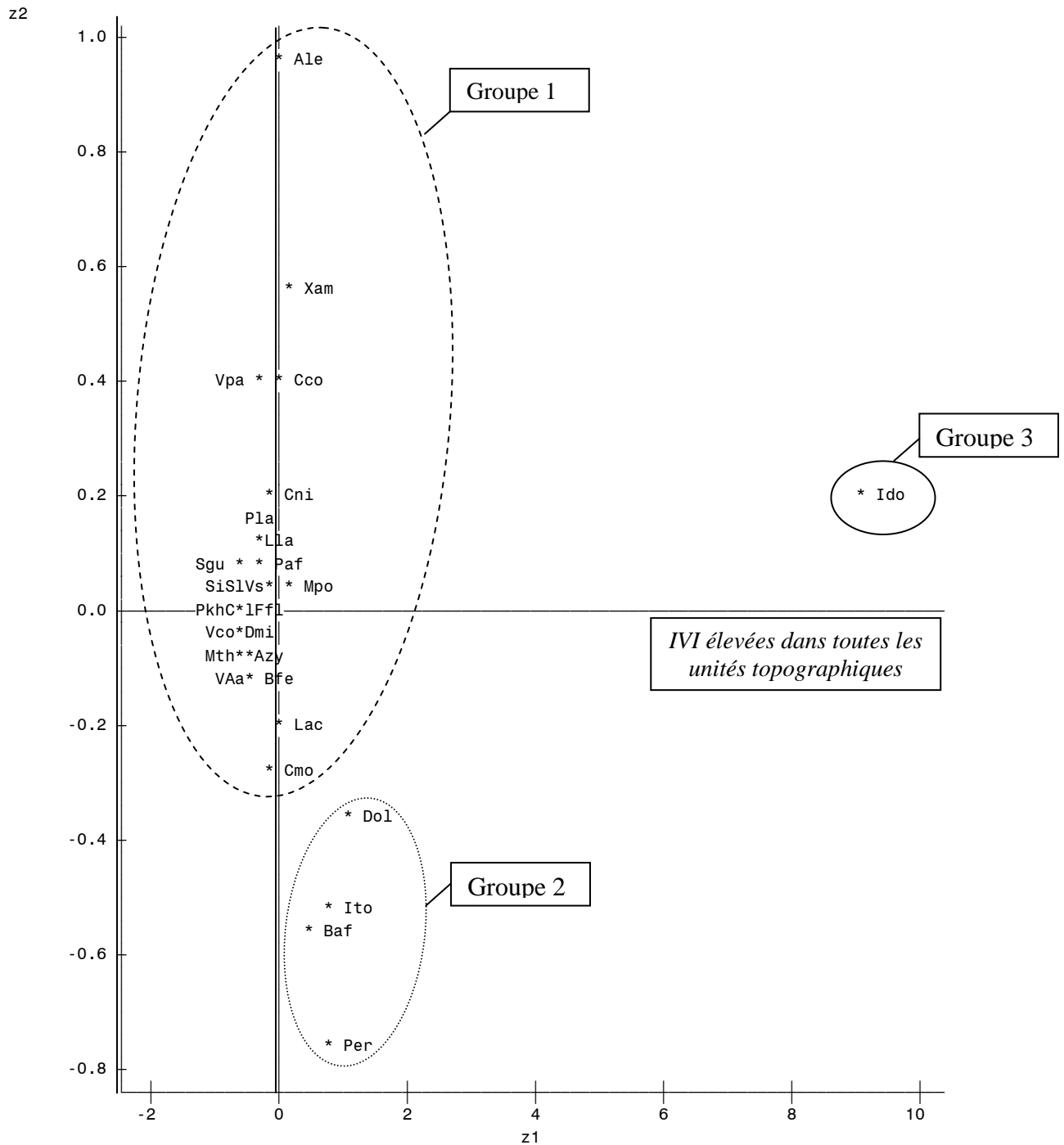


Figure 5: Projections des groupes d'espèces suivant leurs indices de valeur d'importance dans les unités topographiques

**Légende**

Aaf=Afzelia Africana; Azy=Albizia zygya; Ale=Anogeissus leiocarpa; Bfe=Bridelia ferruginea; Baf=Burkea Africana; Cco=Combretum colinum ; Cgl=Combretum glutinosum; Cmo=Combretum molle ; Cni=Combretum nigricans; Dol=Daniella oliveri ; Dmi=Detarium microcapum; Fth=Ficus thoningii ; Ffl=Flacourtia flavescens; Hfl=Holarrhena floribunda, Ido=Isoberlenia doka ; Ito=Isoberlinia tomentosa; Lac=Lanea acida ; Lla=Lophira lanceolata; Mpo=Maranthes polyandra;Mth=Milletia thonningii; Pla=Pericopsis laxiflora; Pth=Piliostigma thonningii; Paf=Prosopis africana ; Pko=Pseudocedrella kothshii ; Per=Pterocarpus erinaceus ; Sla=Sarcocephalus latifolius ; Sin=Strichnos innocua ; Sgu=Syzygium guineense; Vco=Vernonia colorata; Vpa=Vitellaria paradoxa; Vdo=Vitex doniana ; Vsi=Vitex simplicifolia ; Xam=Ximena americana

#### 4.1.2 Paramètres écologiques et dendrométriques

Les valeurs moyennes et le coefficient de variation des paramètres dendrométriques et écologiques au niveau des différentes unités topographiques sont présentés dans le tableau V. Au niveau global, les paramètres écologiques déterminés (richesses spécifiques, indice de Shannon, équitabilité de Pielou) ont indiqué l'inexistence de différences significatives ( $P > 0,05$ ) entre les unités topographiques. Les valeurs de ces paramètres traduisaient une diversité faible avec l'existence de phénomène de dominance. Les paramètres de densité, de surface terrière et de diamètre moyen étaient les seuls paramètres discriminants ( $P < 0,05$ ).

Cette tendance se retrouvait également au niveau de *I. doka*. Excepté la densité tous les autres paramètres avaient des valeurs de probabilité élevée. Par contre ils étaient tous significatifs pour *I. tomentosa*. Ceci était conforme à nos observations du fait que cette espèce était en reconstitution et que ses individus adultes subissaient différentes menaces.

La densité des espèces était plus importante sur le versant que sur les autres unités topographiques. L'indice de Blackman était de 5,94 ; 8,74 et de 8,31 respectivement pour le bas de versant, le versant, et le sommet. Ce qui indiquait une distribution en bouquet ou agrégé des populations de *Isoberlinia spp.* Cependant les valeurs de l'indice de Green variant entre 0,2 et 0,5 ont déterminé un faible regroupement des individus de *Isoberlinia spp.*

Tableau V: Paramètres écologiques et dendrométriques des unités topographiques

Paramètres	Sommet		Versant		Bas de pente		P
	Moy	Cv (%)	Moy	Cv (%)	Moy	Cv (%)	
<i>Peuplement</i>							
Richesse spécifique (S)	19	-	21	-	17	-	
Indice de Shannon; H (bits)	2,38	14,97	2,23	14,72	2,14	23,31	0,518
Équitabilité de Pielou (Eq)	0,69	5,69	0,63	41,91	0,71	8,99	0,53
Densité (N, arbres/ha)	239,32	19,01	295,37	18,32	182,72	14,93	0,000
Surface terrière (G; m <sup>2</sup> /ha)	9,79	35,52	13,86	37,48	7,2	26,03	0,004
Diamètre moyen (D, cm)	21,24	12,74	22,90	14,06	22,0	17,49	0,004
<i>Isoberlinia doka</i>							
Diamètre moyen (D <sub>do</sub> , cm)	25,45	15,00	25,67	13,37	25,35	19,71	0,812
Hauteur (Ht <sub>do</sub> , m)	12,37	17,63	11,99	8,16	11,66	13,26	0,812
Hauteur de Lorey (H <sub>ldo</sub> , m)	12,42	6,87	12,73	6,37	12,17	14,25	0,576
Surface terrière (G <sub>do</sub> , m <sup>2</sup> /ha)	5,96	36,84	7,97	32,34	4,96	39,6	0,135
Contribution à la surface terrière (Cs <sub>do</sub> , %)	61,68	21,19	58,91	20,95	66,98	27,66	0,089
Densité (N <sub>do</sub> , arbres/ha)	108,55	28,39	205,55	18,08	87,65	24,91	0,001

<i>Isoberlinia tomentosa</i>							
Diamètre moyen ( $D_{to}$ , cm)	19,88	30,04	16,67	24,26	31,5	-	0,037
Hauteur ( $H_{to}$ , m)	9,07	39,41	7,40	24,22	6,05	-	0,011
Hauteur de Lorey ( $H_{lto}$ , m)	8,52	23,3	7,59	24,23	6,06	-	0,012
Surface terrière ( $G_{to}$ , m <sup>2</sup> /ha)	1,41	85,28	0,80	46,24	1,74	-	0,032
Contribution à la surface terrière ( $C_{S_{to}}$ , %)	12,83	84,19	6,32	61,65	19,81	-	0,027
Densité ( $N_{to}$ , arbres/ha)	34,44	49,16	35,18	46,48	22,22	-	0,025

Moy = moyenne, Cv (%) = coefficient de variation ; P = Valeur de probabilité à 5% du test de Kruskal-Wallis

### 4.1.3 Structure en diamètre

L'analyse globale de la structure en diamètre des unités a montré une allure relative en "J renversé", caractéristique des peuplements multispécifiques avec des paramètres de forme  $c$  de la distribution de Weibull inférieure à 1 (figure 6). La classe de diamètre [10 – 15] est bien représentée au niveau des unités bas de pente et sommet ; tandis que sur les versants les individus de diamètre compris entre 20 m et 25 m étaient les plus nombreux (figure 6).

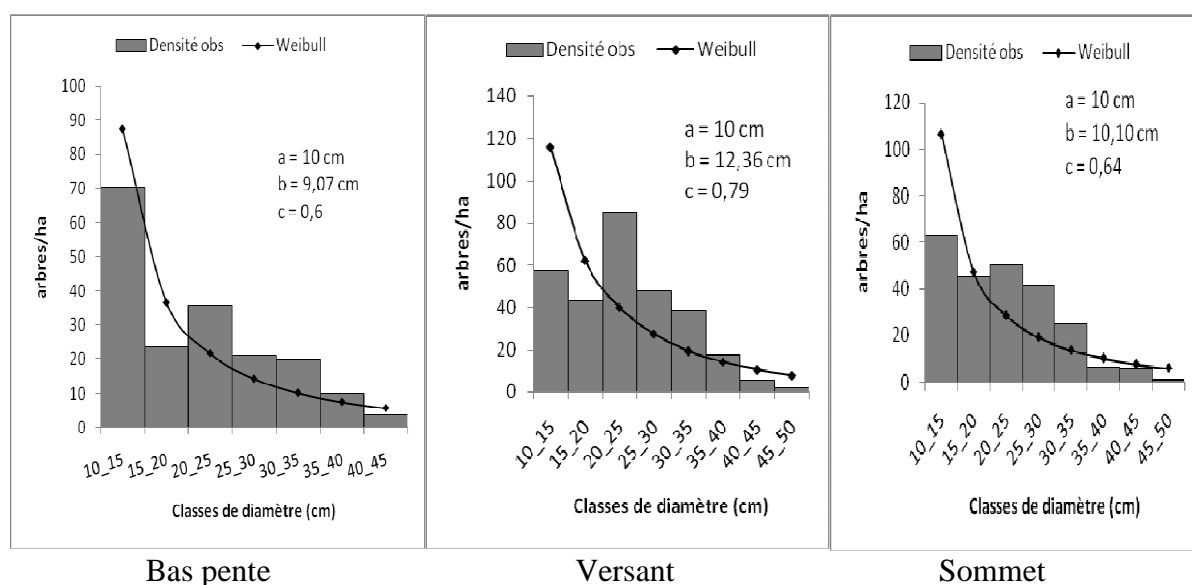


Figure 6: Structure en diamètre de toutes les espèces des unités topographiques

La structure en diamètre des populations de *I. doka* est représentée par la figure 7. Les unités bas de pente et sommet ont présenté une asymétrie gauche ( $1 < c < 3,6$ ). Une distribution exponentiellement décroissante est constaté sur le versant. Les individus de diamètre compris entre 25 cm et 30 cm sont les plus représentés à l'hectare au niveau des sommets alors que pour les autres unités la classe [20 – 25] a prédominé.

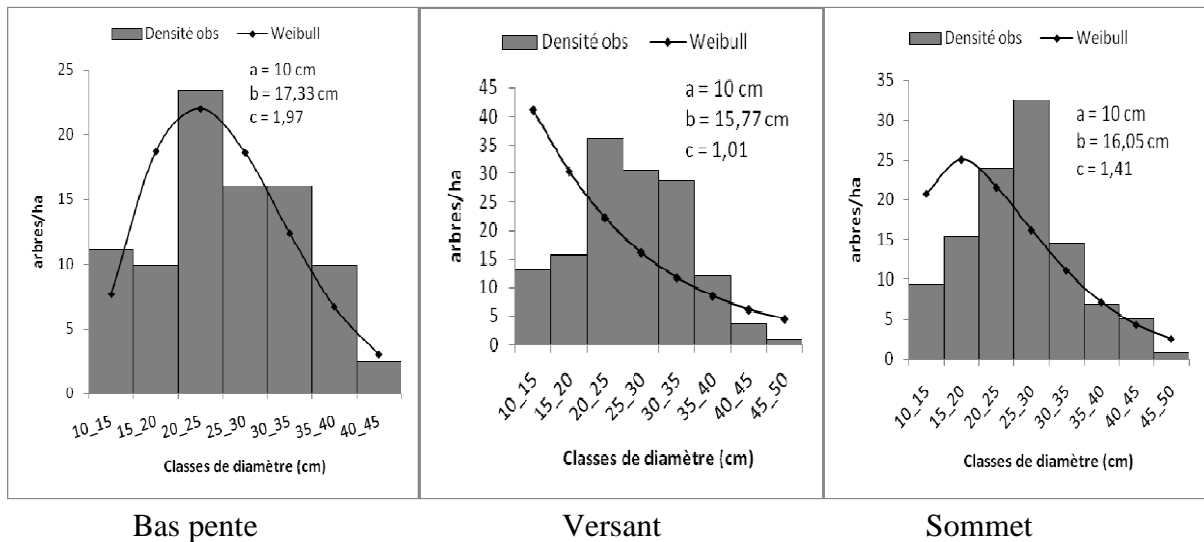


Figure 7: Structure en diamètre des populations de *I. doka*

La structure en diamètre chez *I. tomentosa* est caractérisée par une distribution en “J renversé” avec la prédominance des individus de faible diamètre compris entre 10 cm et 15 cm. En bas de pente les individus de diamètre supérieur à 10 cm étaient rares (figure 8).

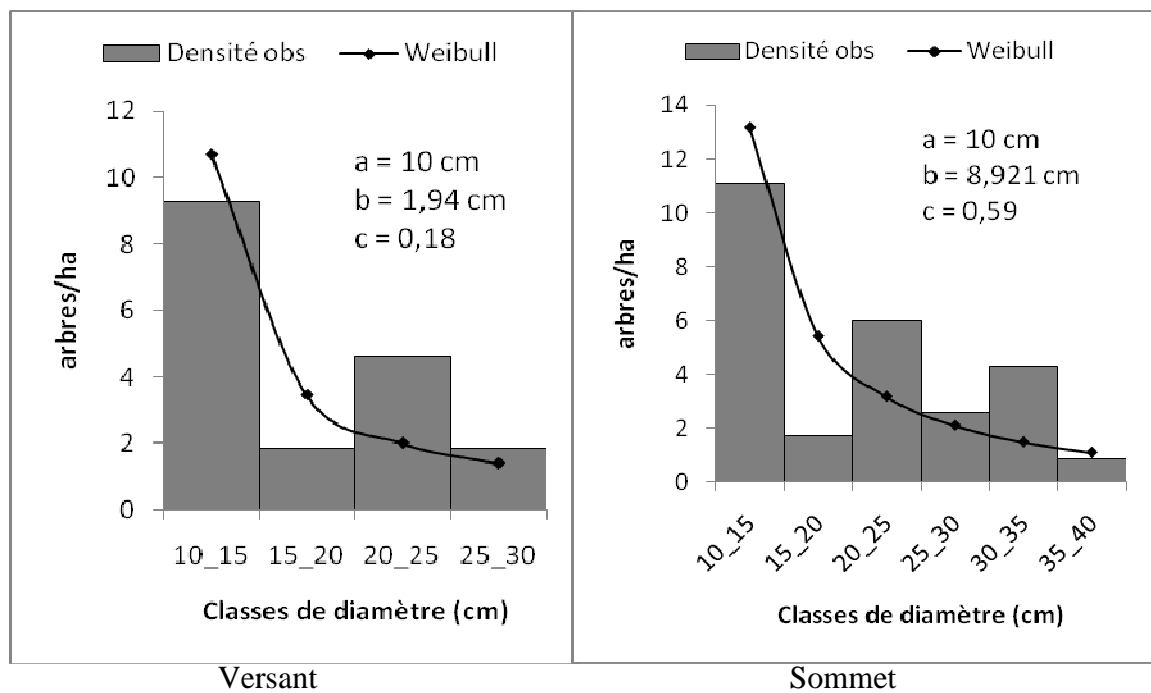


Figure 8: Structure en diamètre des populations de *I. tomentosa*

#### 4.1.4 Structure en hauteur

Les structures en hauteur établies pour *I. doka* (figure 9) ont montré une allure en cloche dans les trois unités topographiques. Les individus de taille compris en 10 m et 14 m étaient les plus fréquents tandis que ceux de taille inférieure à 8 m et ceux supérieurs à 18 m étaient rares.

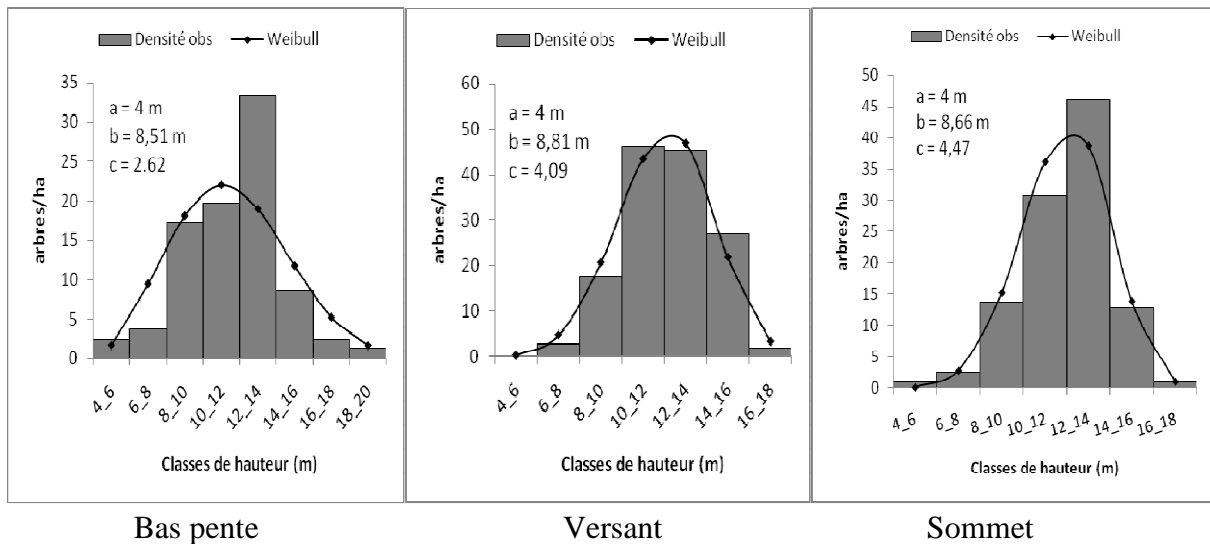


Figure 9: Structure en hauteur des populations d'*I. doka*

Une asymétrie négative sur le versant avec la dominance des individus de hauteur compris entre 4 m et 8 m et une asymétrie positive sur le sommet due à la prédominance des individus de 8 m à 10 m de hauteur sont notées. Pour ce qui est de la structure verticale des populations de *I. tomentosa* (figure 10).

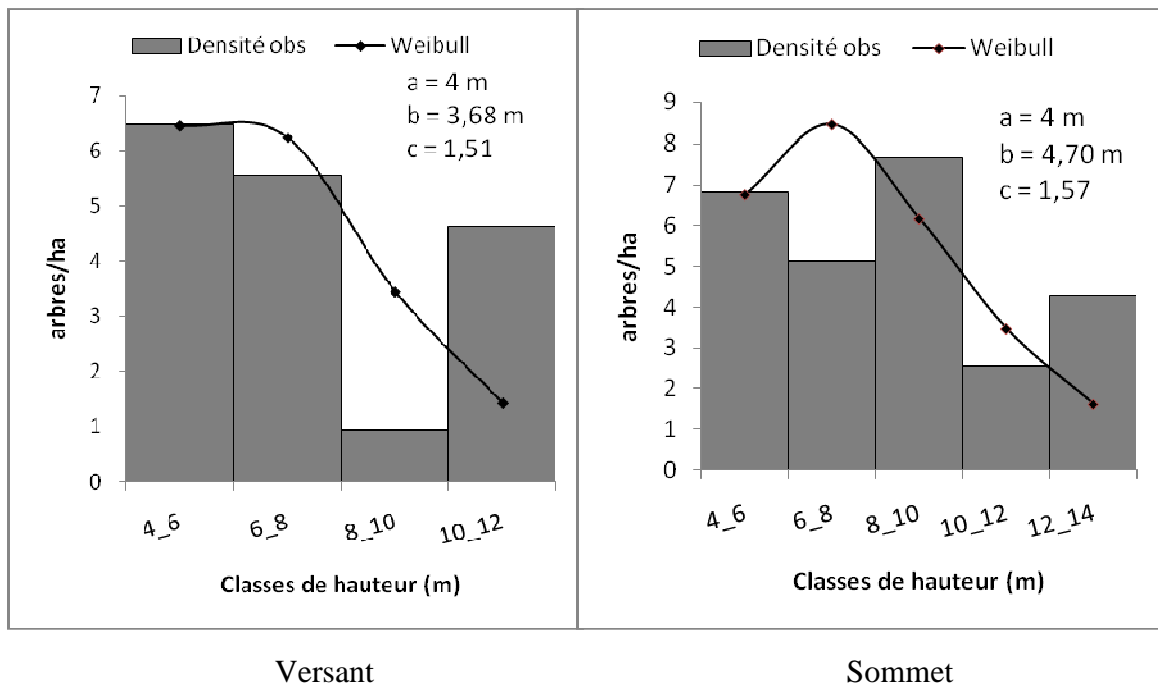


Figure 10: Structure en hauteur des populations de *I. tomentosa*

## 4.2 Distribution spatiale des individus de *I. doka* et *I. tomentosa* suivant la topographie

### 4.2.1 Structure spatiale sur le sommet

La distribution des individus de *Isobertinia* spp sur le sommet est présentée par la figure 11. La distribution était aléatoire de 0 à 1 m et devient grégaire jusqu'à une distance de 20 m. (Figure 12). Dans l'ensemble une distribution agrégative est observée du fait que les valeurs centrées de la courbe de L(r) étaient largement au-delà de l'intervalle de confiance. Toutefois cette distribution est caractérisée par un regroupement faible après 8 m (Figure 13). L'évaluation des distances au plus proche voisin a varié de 1 m à 12 m avec une moyenne de  $3 \pm 0,12$  m. En analysant la figure 12 qui a présenté la distribution des fréquences de ces distances une concentration de 61% est constaté entre 0 et 3 m. Un seul individu avait une distance de proximité de 12 m. La photo 1 présente une vue d'ensemble des population de *Isobertinia* spp. sur le sommet.

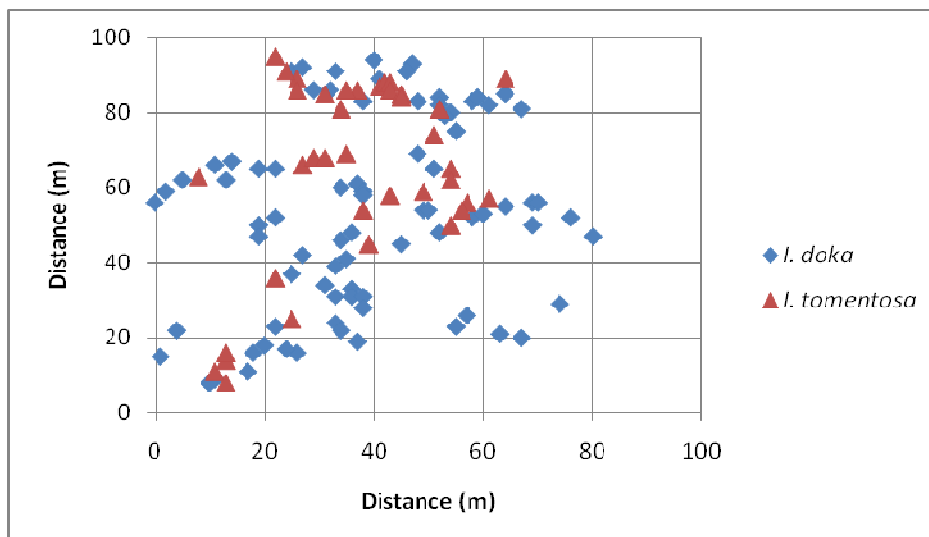


Figure 11: Structure spatiale de *I. doka* et *I. tomentosa* sur le sommet

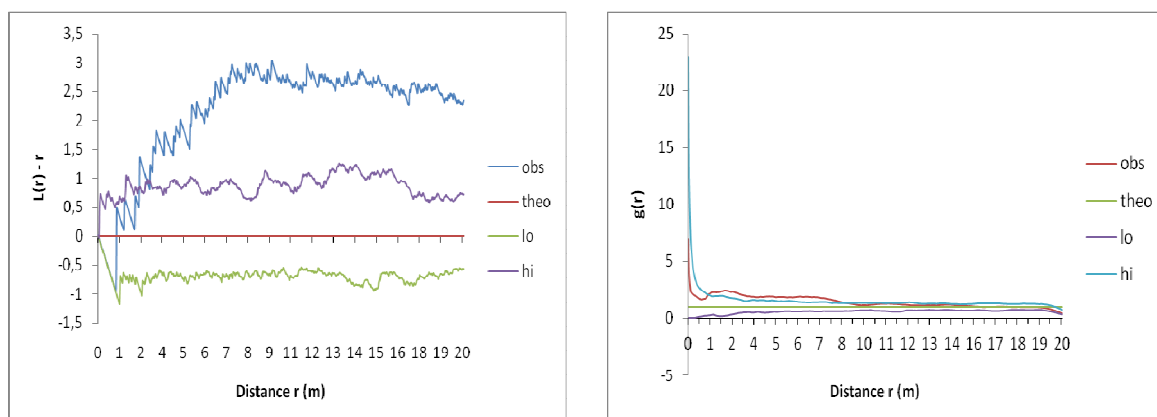


Figure 12: Courbe de fonction  $L(r)-r$  et  $g(r)$  de répartition spatiale des individus de *Isobertinia* spp.

Obs=observé, theo=théorique, lo=minima, hi=maxima

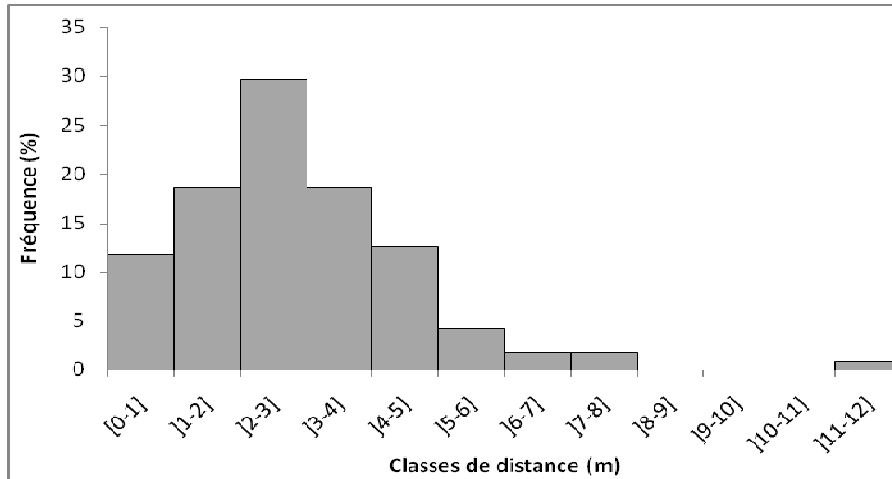


Figure 13: Fréquence de distribution des distances au plus proche voisin sur le sommet



Photo 1: Vue de quelques pieds de *Isoberlinia* spp sur le sommet  
Source : Goussanou, 2011

#### 4.2.2 Structure spatiale sur le versant

La figure 14 a montré la distribution spatiale des individus sur le versant. L'analyse de cette structure spatiale a indiqué de manière générale une distribution grégaire. L'analyse des courbes de fonction  $L(r)-r$  et  $g(r)$  de la figure 15 a montré que dans les premiers mètres ( $r < 1$  m), la distribution était aléatoire alors que dans des rayons plus grands ( $r > 1$  m), la distribution était grégaire avec des agrégats s'étendant sur une distance comprise entre 1 m et 15 m. La figure 16 présente la fréquence de distribution de la distribution minimale au plus proche voisin. Cette distance a fluctué entre 0,5 m et 12 m avec une moyenne de  $3,19 \pm 0,18$

m. Plus de 60% de la distance au plus proche voisin était comprise entre 0 et 4 m confirmant la distribution agrégative. La vue de quelques pieds sur le versant est montrée par la photo 2.

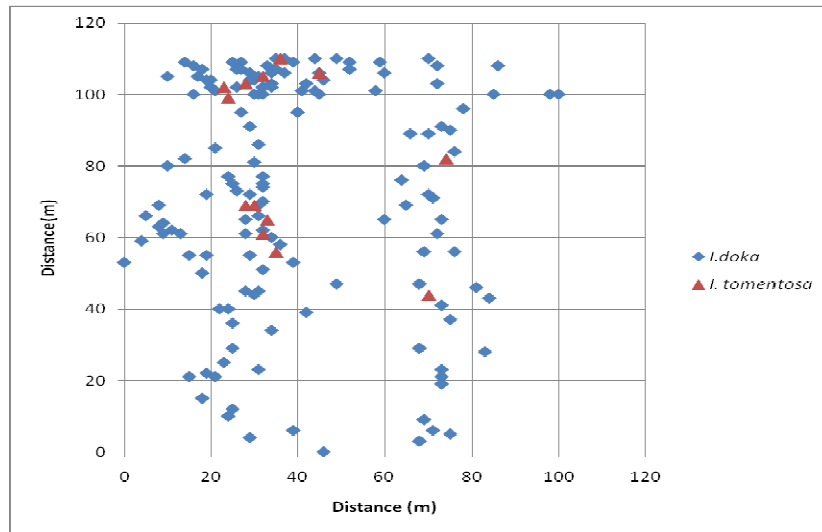


Figure 14: Structure spatiale de *I. doka* et *I. tomentosa* sur le versant

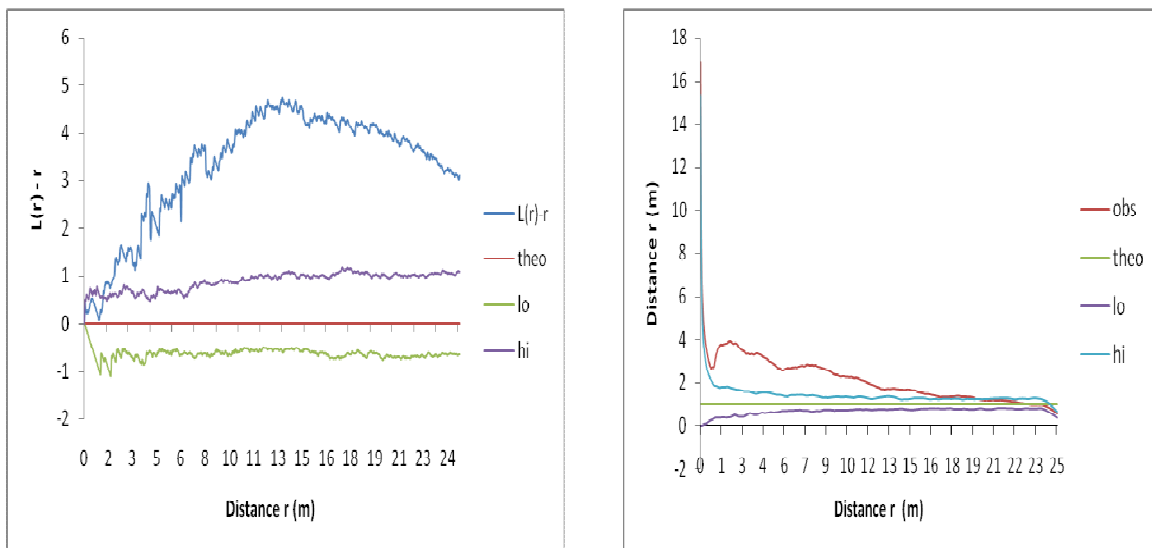


Figure 15: Courbe de fonction  $L(r) - r$  et  $g(r)$  de répartition spatiale des individus de *Isoberlinia* spp.

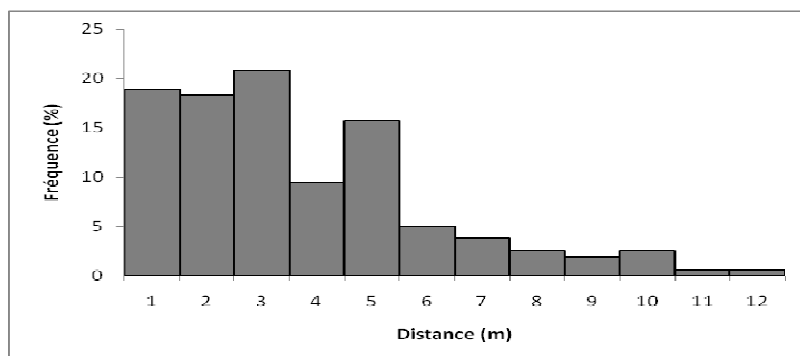


Figure 16: Fréquence de distribution des distances au plus proche voisin sur le versant



Photo 2: Vue de quelques pieds de *Isoberlinia spp* sur le versant  
Source : Goussanou, 2011

#### 4.2.3 Structure spatiale en bas de pente

L'étude de la structure spatiale des individus de *Isoberlinia spp.*, en bas de pente a indiqué une distribution grégaire. En bas de pente aucun individu adulte de *I. tomentosa* n'a été observé (figure 17). Entre 0 et 1 m, les valeurs des courbes  $L(r) - r$  et  $g(r)$  étaient à l'intérieur de l'intervalle de confiance indiquant une distribution aléatoire des individus (figure 18). Les valeurs de  $L(r) - r$  étaient au-delà de l'intervalle de confiance de 1 m à 16 m, tandis que les valeurs de  $g(r)$  l'étaient de 1 m à 7 m. Les distances au plus proche voisin variaient de 1 m à 14 m (Figure 19) avec une moyenne de  $3,82 \pm 0,30$  m. Ainsi 58% des distances aux proches voisins sont rangés entre 1 m et 3 m contre 31% pour le reste. Ces valeurs ont révélé une distribution agrégative. Des individus avec des ports plus droits ont été notés (photo 3).

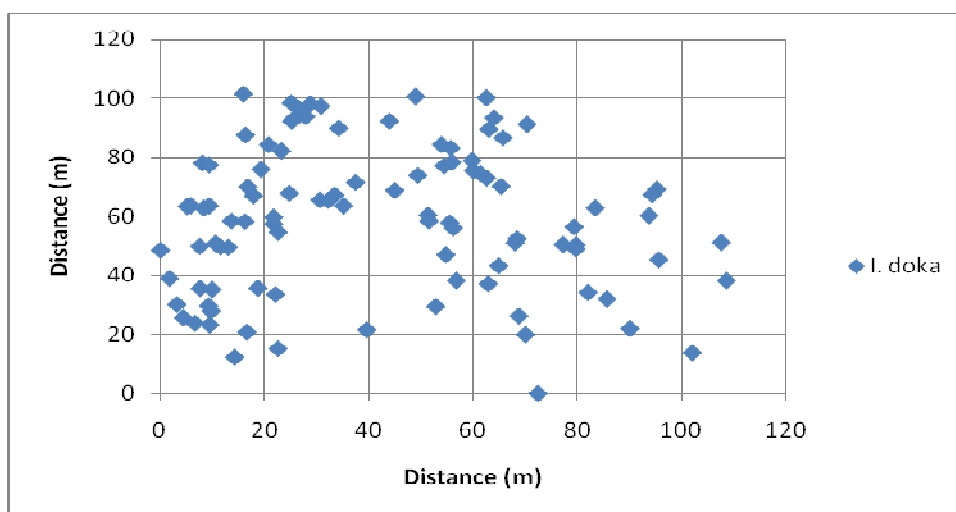


Figure 17: Structure spatiale de *I. doka* et *I. tomentosa* en bas de pente.

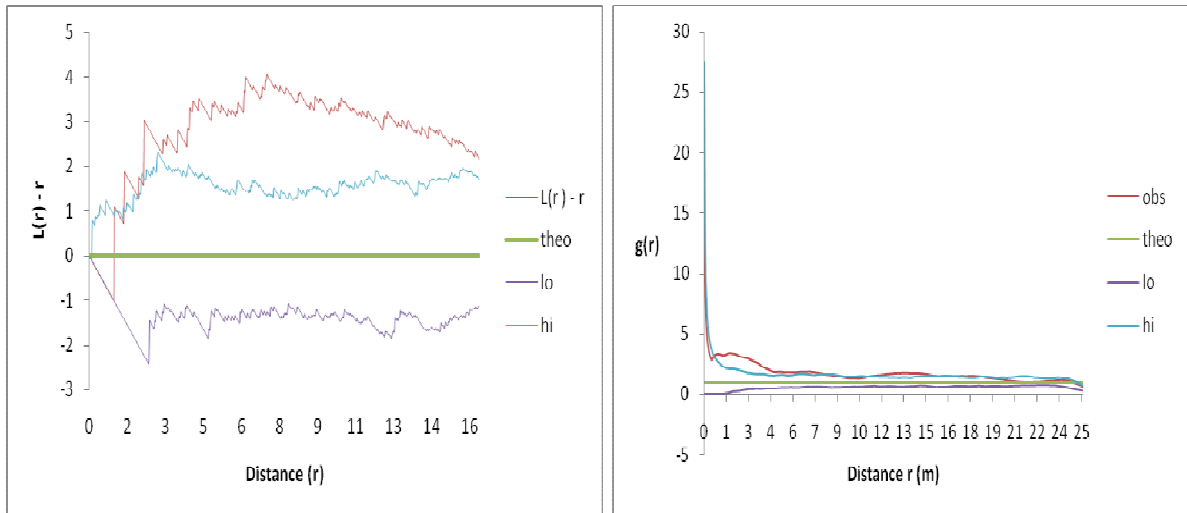


Figure 18: Courbe de fonction  $L(r) - r$  et  $g(r)$  de répartition spatiale des individus de *Isoberlinia* spp. en bas de pente

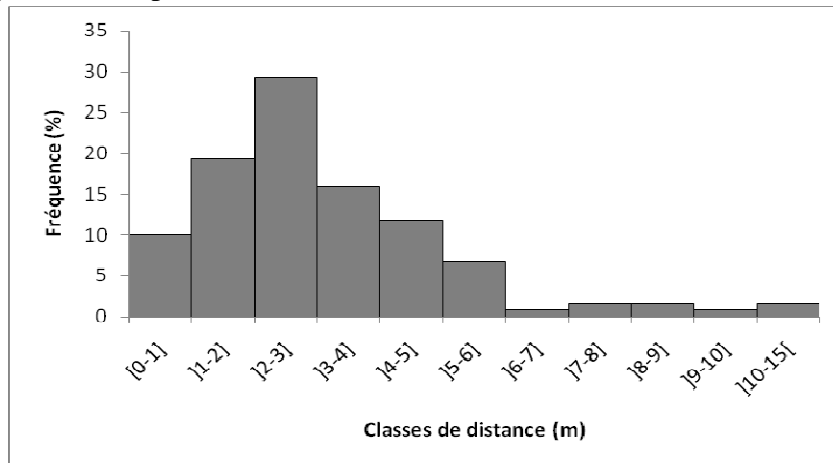


Figure 19: Fréquence de distribution des distances au plus proche voisin en bas de pente



Photo 3: Vue de quelques pieds de *Isoberlinia* spp en bas de pente  
Source : Goussanou, 2011

#### 4.2.4 Caractérisation structural suivant les unités topographiques

Le tableau VI a présenté les différents indices de diversité et les paramètres dendrométriques calculé suivant les unités topographiques au niveau peuplement et individus de *I. doka* et *I. tomentosa*. Les paramètres écologiques des différentes unités permettaient de noter que la richesse spécifique en espèces ligneuses variait peu d'un peuplement à un autre. L'indice de diversité de Shannon ( $H$ ) a varié entre 2,63 bits et 2,72 bits. Ces valeurs traduisaient une diversité moyenne. Toutefois la valeur la plus faible de  $H$  a été observé sur le versant. La même tendance est obtenue dans le cas de l'équitabilité de Pielou où un phénomène de dominance d'un petit nombre d'espèce ou de peuplements à forte dominance de *I. doka* est noté.

Concernant les paramètres dendrométriques, la densité d'arbre la plus élevée est observée sur le versant. Le diamètre moyen de l'arbre de surface terrière moyenne a varié entre 20,99 cm (sommets) et 22,10 cm (versant) avec des coefficients de variation allant de 41,09% à 47,54%. La surface terrière quant à elle, était comprise entre 7,11 m<sup>2</sup>/ha à 12,17 m<sup>2</sup>/ha.

Au niveau des espèces, tant pour *I. doka* que pour *I. tomentosa* les valeurs les plus élevées se retrouvaient sur le sommet. Cependant, les valeurs de *I. doka* étaient supérieures à celles de *I. tomentosa*. Les résultats du test de Kruskal-Wallis (annexe 5) montraient l'existence d'une différence significative globale au seuil de 5% entre les unités par rapport aux paramètres hauteur totale, hauteur de Lorey et la densité d'arbre. Ces valeurs déterminées pour chaque espèce ont révélé que les individus de *I. doka* étaient à la fois plus nombreux et plus haut avec des diamètres plus importants que ceux de *I. tomentosa*. De plus les individus de *I. doka* ont contribué plus à la surface terrière selon les unités.

Tableau VI: Paramètres écologiques et dendrométriques

Paramètres	Sommet		Versant		Bas de pente		P
	Moy	Cv (%)	Moy	Cv (%)	Moy	Cv (%)	
<i>Peuplement</i>							
Richesse spécifique (S)	20	-	23	-	22	-	-
Indice de Shannon; H (bits)	2,69	-	2,63	-	2,72	-	-
Équitabilité de Pielou (Eq)	0,62	-	0,58	-	0,61	-	-
Densité (N, arbres/ha)	175	-	259	-	224	-	0.000
Surface terrière (G; m <sup>2</sup> /ha)	7,11	-	12,17	-	9,60	-	0,611
Diamètre moyen (D, cm)	20,99	41,09	22,10	47,54	21,59	41,35	0,611

<i>Isoberlinia doka</i>							
Diamètre moyen ( $D_{do}$ , cm)	24,84	32,00	25,62	31,51	24,40	33,34	0,639
Hauteur ( $H_{t_{do}}$ , m)	12,21	28,75	17,81	30,66	19,34	37,01	0,000
Hauteur de Lorey ( $H_{l_{do}}$ , m)	12,75	-	19,14	-	19,61	-	0,000
Surface terrière ( $G_{do}$ , m <sup>2</sup> /ha)	4,26	-	8,27	-	4,37	-	0,639
Contribution à la surface terrière ( $Cs_{do}$ , %)	59,94	-	67,95	-	45,52	-	-
Densité ( $N_{do}$ , arbres/ha)	80	-	146	-	99	-	0,000
<i>Isoberlinia tomentosa</i>							
Diamètre moyen ( $D_{to}$ , cm)	17,42	45,86	18,87	31,83	-	-	0,23
Hauteur ( $H_{t_{to}}$ , m)	7,08	54,37	11,33	35,25	-	-	0,001
Hauteur de Lorey ( $H_{l_{to}}$ , m)	9,51	-	13,00	-	-	-	0,000
Surface terrière ( $G_{to}$ , m <sup>2</sup> /ha)	1,09	-	0,40	-	-	-	0,23
Contribution à la surface terrière ( $Cs_{to}$ , %)	15,34	-	3,27	-	-	-	-
Densité ( $N_{to}$ , arbres/ha)	38	-	13	-	-	-	0,000

Moy = moyenne, Cv (%) = coefficient de variation ; P = Valeur de probabilité à 5% du test de Kruskal-Wallis

### 4.3 Connaissance, utilisation et mode de gestion locale

#### 4.3.1 Connaissance et usage de l'espèce

La totalité des populations enquêtées connaissaient les espèces du genre *Isoberlinia*, l'utilisaient et la désignaient sous les mêmes appellations suivant les groupes socio-linguistiques rencontrés à savoir : *Kpakpa whlala* et *Kpakpa djéké* respectivement pour *I. doka* et *I. tomentosa*.

Les différentes utilisations faites par les populations locales ont été regroupées en quatre catégories à savoir : Combustible ; Construction ; Artisanat ; Autres (vente, emballage, etc.). Le principal usage des espèces du genre *Isoberlinia* recensé auprès des informateurs était la carbonisation (54%) qui occupait 64% des Mahi, 56.25% des Fon et 39% des Holli. Les Holli ont montré la plus faible fréquence de motivation pour la catégorie d'usage construction (3%) contrairement aux Mahi et aux Fon (respectivement 11% et 9,37%). Ces faibles valeurs s'expliquaient par le fait de l'existence de peu d'exploitants forestiers officiels. En effet, les autres opéraient frauduleusement ou sous la responsabilité des vrais exploitants. Les troncs des deux espèces de *Isoberlinia* sont très recherchés compte tenu de la qualité de leurs bois et servaient de bois d'œuvre.

Une analyse des connaissances et usages de *Isoberlinia* spp. a été réalisée. Ainsi, aucune différence significative n'existait au niveau de la diversité des enquêtés (ID) entre les groupes ethniques (H = 6,04 ; P = 0,059). Ce qui est confirmée par les valeurs moyennes des indices

de diversité total ( $ID = 0,18$ ) et d'équitabilité total ( $IE = 0,5$ ) indiquant une bonne répartition des connaissances sur les espèces au sein de chaque groupe ethnique étudié. Quatre types d'utilisations représentés par la valeur de consensus pour les types d'utilisation (CTU) ont été cités. La valeur la plus élevée de cet indice (CTU=0,15) a été recensée pour la catégorie commerce suivi de la catégorie combustible (CTU = 0,14). Les informateurs s'accordaient bien sur l'utilisation des branches et du tronc comme source d'énergie et de bois d'œuvre. La valeur la plus élevée pour la diversité d'utilisation a été recensée pour l'utilisation carbonisation (UD=0,36). Elle contribuait donc pour une grande part à la valeur totale d'utilisation de l'espèce. Cette même catégorie présentait la plus grande valeur d'équitabilité (UE=1). Ce qui signifiait que l'utilisation de *I. doka* et de *I. tomentosa* comme combustible et le commerce de leur bois était largement répandu et de façon homogène par les populations. Cette tendance est liée selon les informateurs à la qualité du bois qui était facile à travailler, imputrescible, résistant aux attaques de divers insectes et enfin à sa dureté.

Le tableau de croisement des utilisations de l'espèce par les groupes socioculturels a servi de tableau de contingence pour la réalisation d'une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Le résultat indiquait que les deux premiers axes concentrent jusqu'à 88,57% des informations. L'analyse du graphe de la figure 20 montrait que les Mahi utilisaient *I. doka* et *I. tomentosa* pour la carbonisation, la construction et la menuiserie. Cette préférence s'expliquait par les activités socioprofessionnelles des Mahi (Scieurs, Menuisiers). Concernant l'ethnie Fon le bois de feu était l'utilisation principale. Les Holli quant à eux s'adonnaient plus à la commercialisation liée au fait qu'ils comptaient parmi eux beaucoup de commerçant du bois.

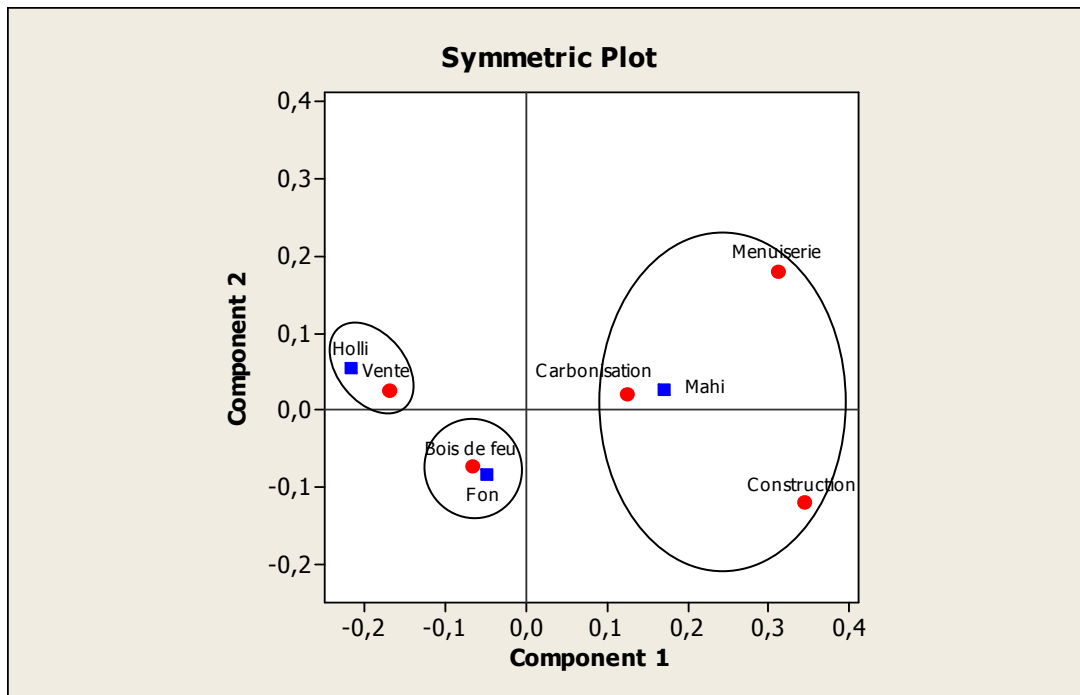


Figure 20: Exploitation de *I. doka* et *I. tomentosa* en fonction des groupes ethniques

#### 4.3.2 Perception locale, qualité du bois et mode de gestion de *Isobertinia spp*

Le profil, le diamètre, la hauteur et l'état sanitaire constituaient les critères de choix des individus de *Isobertinia spp*. Une AFC a été appliquée aux données sur les préférences des individus sélectionnés par les groupes socioprofessionnels suivant les critères. L'analyse du tableau de contingence du choix du profil suivant les activités montrait que 97,24% des informations sont expliquées par les deux premiers axes. L'analyse du graphe de la figure 21 montrait que les scieurs optaient pour des individus en bon état à port presque droit et de diamètre supérieur à 20 cm et de hauteur excédant 10 m. Ce qui s'expliquait par le fait que la valeur du madrier ou des chevrons augmentait avec la rectitude de l'arbre. En termes de reconnaissance de la qualité du bois, la présence d'épiphytes, de pourriture, et d'attaques de termites étaient les signes distinctifs utilisés par les scieurs. Pour les charbonniers ils prenaient généralement tout l'arbre selon qu'il soit tordu, penché, droit et/ou penché et de n'importe quel état sanitaire parce que cela ne change pas la qualité du charbon produit. La présence d'ouverture et la résonance étaient les critères d'identification de la qualité du bois pour cette catégorie. Quant aux agriculteurs, commerçant de bois de feu et les autres catégories professionnelles la qualité du profil et de l'état sanitaire importait peu. Les arbres de hauteur inférieure à 2 m et de diamètre inférieur à 20 cm étaient les plus exploités. De façon générale ces dernières catégories professionnelles n'avaient pas d'appréciation par rapport à la qualité du bois.

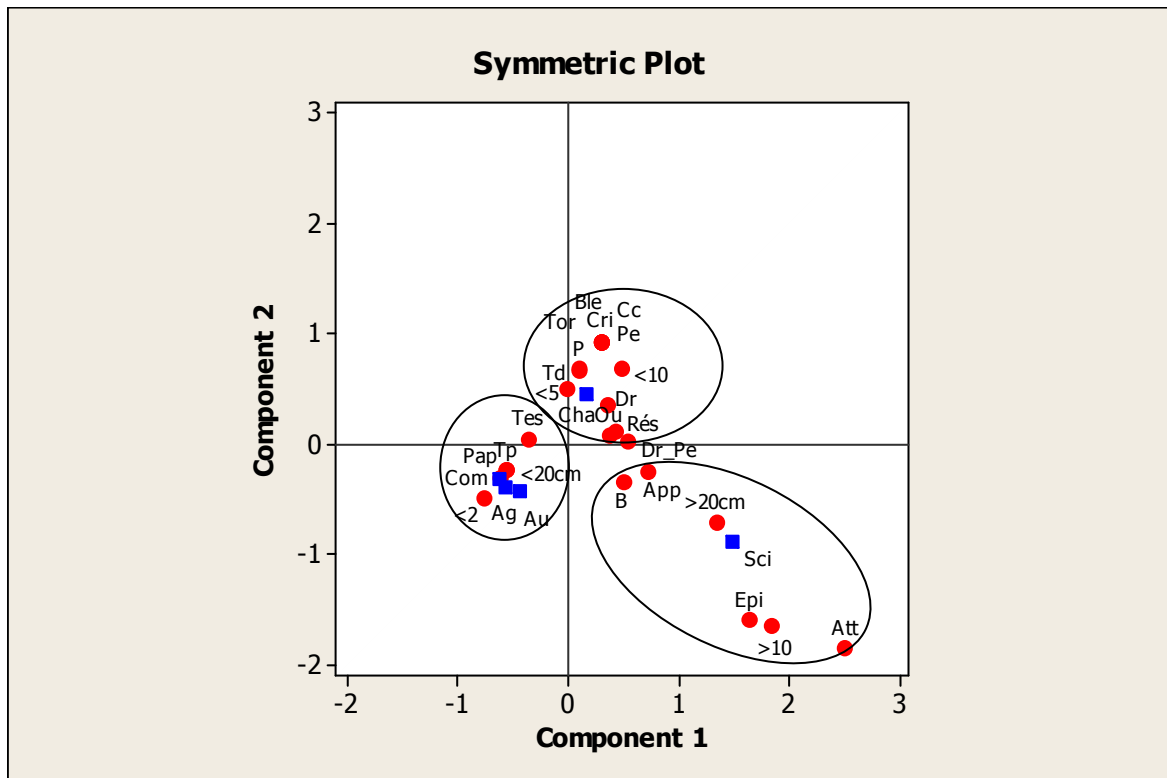


Figure 21: Relation entre le profil et les catégories professionnelles

Légende :

Agriculteur=Ag ; Scieur=Sci ; Charbonniers=Cha ; Commerçants de bois de feu=Com ; Autre=Au.

Droit=Dr ; Penché=Pe ; Tordu=Tor ; Droit/Penché=Dr\_Pe ; Tout profil=Tp ; Diamètre < 20 cm=<20cm ;

Diamètre > 20 cm=>20cm ; Tout diamètre=Td ; Bon=B ; Pourriture=P ; Cime cassée=Cc ; Blessure=Ble ;

Creux à l'intérieur=Cri ; Tout état sanitaire=Tes ; Hauteur < 2 m=<2 ; Hauteur < 5 m=<5 ; Hauteur < 10 m=<10 ;

Hauteur > 10 m=>10 ; Ouverture=Ou ; Pas d'appréciation=Pap ; Résonnance=Rés ; Attaque de termites=Att ;

Présence de pourriture=App ; Epiphyte=Epi

#### 4.3.3 Pression et mode de gestion

L'ensemble des informateurs reconnaissent que les espèces *I.doka* et *I. tomentosa* subissaient différentes menaces comme l'abattage et l'agriculture dans les différents écosystèmes (photo 4). En effet, plus de la moitié des informateurs (55%) allait dans la forêt de Zouzoukan faire les prélèvements (Figure 22). Par conséquent, l'influence humaine sur ladite forêt était grande et cette tendance devrait être renversé pour une meilleure protection. Les forêts claires étaient le type de formation végétale au sein desquels les populations allaient beaucoup plus faire les exploitations (Figure 22).

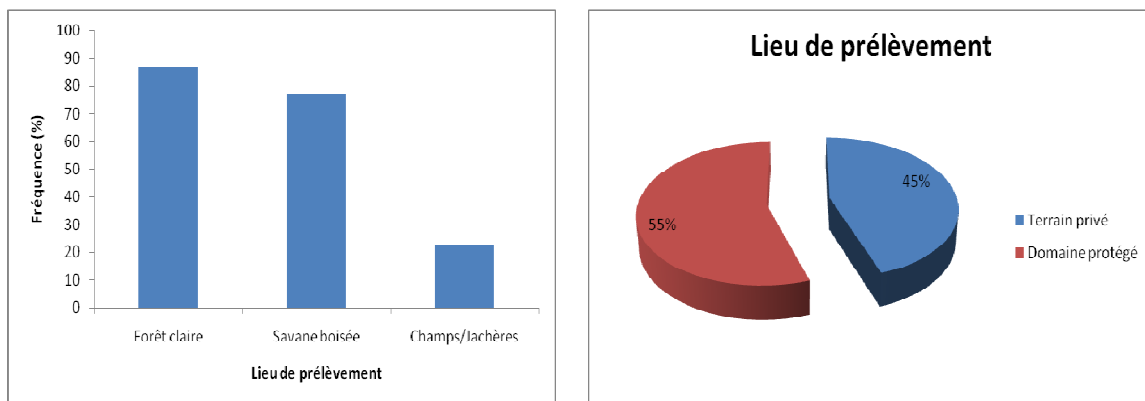


Figure 22: Taux de prélèvement dans (a) les formations végétales et dans les zones (b)



Photo 4: Quelques menaces sur les peuplements à *Isoberlinia* spp (a) Feu et ouverture de voie au sein de la forêt (b) Abattage d'un jeune individu

Photo 4: Quelques menaces sur les peuplements à *Isoberlinia* spp  
Source : Goussanou, 2011

Concernant l'abondance des deux espèces dans la région, 53% des informateurs trouvaient que *I. tomentosa* était rare contre 58% qui trouvent que *I. doka* était très abondant (figure 23). *I. tomentosa* était donc en nette régression. Cette rareté, selon les informateurs s'expliquait par le fait que cette espèce ne bénéficiait pas d'assez d'attention de la part des agents forestiers et ce qui faisait qu'elle était plus exploitée. Des stratégies devaient être définies afin de corriger cet état de chose.

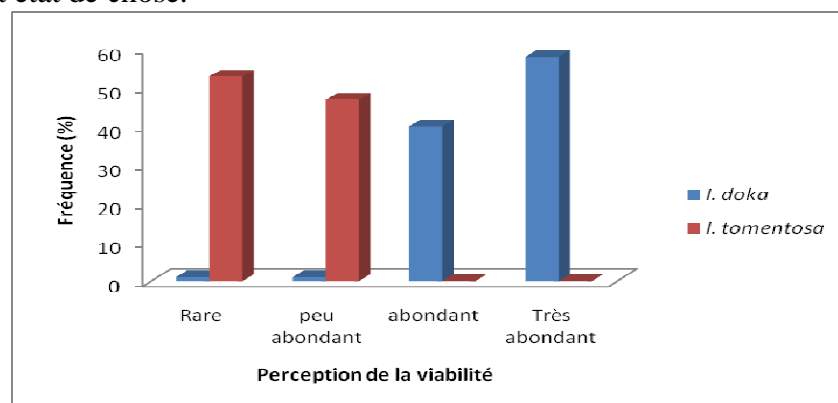


Figure 23: Abondance des espèces selon les populations

## 5. DISCUSSION

### 5.1 Caractéristiques floristiques et structurales des unités topographiques

Trois groupes d'espèces existent en ce qui concerne la composition floristique bien que les mêmes espèces soient généralement rencontrées par unité topographique. Ainsi les valeurs d'IVI révèlent que *Combretum colinum*, *Ximenia americana* et *Anogeissus leiocarpa* sont les espèces les plus fréquentes dans le groupe 1, tandis que dans le groupe 2 les espèces les plus abondantes sont *I. tomentosa*, *Daniellia oliveri* et *Pterocarpus erinaceus*. Dans le groupe 3, *I. doka* est le plus important. Cette différence d'importance d'espèces par groupes peut s'expliquer par les différences topographiques et autres conditions écologiques (Awokou *et al.*, 2009). Par exemple le fait que *Anogeissus leiocarpa* ait une valeur d'IVI élevé en bas de versant est dû à la présence d'eau par endroits dans cette unité topographique.

Les peuplements étudiés ont une densité moyenne comprise entre 182,72 et 295,37 arbres/ha. La plus forte densité est observée au niveau des versants. Cette tendance se retrouve aussi au niveau des populations de *Isobertinia* spp. La faible valeur observée au niveau des bas de versants s'explique par les modifications au sein de cette unité où des individus sont exploités. Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne est plus faible au niveau des sommets (21,24 cm) tandis qu'il est plus élevé au niveau des versants (22,90 cm), alors que les bas de versant présentent des valeurs intermédiaires. Ces valeurs observées sont le signe que les individus de ces unités se trouvent encore au stade colonisateur où les jeunes individus prédominent. Toutefois de gros spécimens d'arbres existent notamment ceux de *Daniellia oliveri* et de *Burkea africana* sans négliger la contribution de *Isobertinia* spp. Cette tendance est confirmée par les différentes valeurs de surface terrière obtenues. Ces densités à l'hectare obtenue sont inférieures aux 396 arbres/ha en moyenne dans la forêt de Wari-Marô trouvé par Agonyissa *et al.*, (2003) cités par Yabi (2003). Les auteurs justifient cette valeur par le fait que les actions anthropiques affectent moins la forêt de Wari-Marô. Toutes les structures en diamètre obtenues pour le peuplement global sur les différentes unités topographiques sont ajustées à la distribution de Weibull et sont en "J renversé" avec une prédominance des individus de diamètre compris entre 10 et 25 cm. Les individus de diamètre supérieurs à 50 cm sont rares exprimant ainsi la jeunesse des peuplements au niveau des différentes unités topographiques. Ces résultats se rapprochent de ceux trouvés par Agbani (2002) et (Bonou (2007) dans les jeunes jachères préforestières de la forêt classée de la Lama. La surface

terrière du peuplement varie de 7,2 à 13,86 m<sup>2</sup>/ha suivant les unités topographiques. Cela englobe la valeur moyenne de densité (9,4 m<sup>2</sup>/ha) pour les peuplements à *Isoberlinia* spp. en forêts claires trouvée par Glèlè et Sinsin (2009). La différence entre ces valeurs peut se situer au niveau de la taille des placeaux, du lieu d'inventaire, et de la variation des valeurs du diamètre des individus.

## **5.2 Caractéristiques structurales des populations de *I. doka***

La densité sur pieds de *I. doka* dans la forêt de Zouzoukan varie de 87,65 à 205,55 sujets à l'hectare en fonction des unités topographiques. La plus forte et la plus faible densité s'observent respectivement au niveau des versants et du bas versant. Ceci s'explique par la coupe de bois et la carbonisation en haut et bas de pente. Par contre le versant n'est ni favorable à la coupe de bois à cause de la difficulté de débardage, ni à la carbonisation à cause du sol rocailleux. Le faible effectif observé sur le bas de versant peut aussi s'expliquer par la reconstitution à longue durée en dépit du pouvoir de régénération de l'espèce. La surface terrière moyenne la plus faible se retrouve au niveau des unités en bas de pente indiquant la prédominance des individus de faible diamètre qui colonisent le milieu. Par contre la plus grande valeur retrouvée sur les versants s'expliquent par les individus au gros diamètre d'espèces telles que *I. doka*, *Daniellia oliveri* et *Pterocarpus erinaceus*. De plus l'indice de Blackman obtenu au niveau de chaque gradient topographique confirme le gréganisme de cette espèce. Ceci a été également constaté par Azihou (2010) au sein de cette forêt et par Glèlè et Sinsin (2009) dans la forêt de Wari-Marou. Lesdits auteurs ont trouvé un diamètre moyen supérieur à 30 cm pour les individus de *I. doka*, ce qui n'est pas le cas dans notre étude. Ceci se justifie par la pression humaine constante (Azihou, 2010) et l'accès libre à la forêt. La contribution moyenne de *I. doka* à la surface terrière est de 62,52% pour l'ensemble des unités topographiques. Cette valeur est inférieure aux 65,09% obtenus par Kiki en 2005 et supérieure aux 51,8% signalés par Glèlè et Sinsin en 2009. L'effectif important de *I. doka* et la présence d'individus dans de grande classes de diamètres explique cette contribution à la surface terrière. Kiki (2005) a abouti à la même conclusion. Des distributions à asymétrie gauche caractéristique d'un peuplement monospécifique se notent pour les populations à *I. doka*. Etant donné que les individus de faible diamètre ne sont pas dominants, les asymétries gauches sont alors causées par les différentes menaces à certains stades de développement. Surtout qu'en bas de pente l'accès est plus facile aux exploitants. La hauteur moyenne varie entre 11,66 et 12,47 m ce qui est inférieur à celle obtenu par Glèlè et Sinsin (2009) et

supérieure aux 10,97 m trouvés par le PBF-II (2010) lors des travaux d'inventaire d'aménagement en 2009. Ces valeurs qui sont voisines s'expliquent par les conditions environnementales du milieu et des phénomènes de compétitions interspécifiques et/ou intraspécifiques. Les structures en hauteur établies présentent des distributions en cloche par unité topographique. Par conséquent la régularité de la structure *I. doka* est assurée en considérant la structure en hauteur. Des résultats similaires ont été obtenus par Bonou (2007) pour *Azelia africana* et par Lokonon (2008) pour *Mimusops andongensis* et *Dialium guineense*.

### **5.3 Caractéristiques structurales des populations de *I.tomentosa***

L'évaluation des paramètres dendrométriques et structuraux de *I. tomentosa* indique une différence hautement significative entre les diamètres, les hauteurs, la surface terrière et la densité des arbres d'une unité topographique à une autre. Par contre les valeurs des paramètres dendrométriques déterminées pour *I. tomentosa* sont toutes inférieures à celle trouvées pour *I. doka*. Ainsi la quasi-absence de *I. tomentosa* de diamètre supérieur à 10 cm se trouve en bas de versant. La densité d'arbres est comprise entre 22,22 et 35,18 sujets à l'hectare. Ceci s'explique par l'exploitation de cette espèce pour la carbonisation. Les faibles valeurs obtenues pour la hauteur et le diamètre s'expliquent par la forte anthropisation de la forêt. En effet, les activités champêtres, les coupes illicites et la carbonisation se déroulent au sein de la forêt. A cause de ces pressions des individus de diamètre inférieur à 15 cm prédominent. Sinsin *et al.* (2004) ont montré que plus fortes sont les pressions exercées sur les individus de *Azelia africana*, plus faibles sont les hauteurs des arbres. De même, Assogbadjo *et al.* (2010), ont pu remarquer dans la forêt classée de Wari-Marou, que les caractéristiques dendrométriques ont les plus grandes valeurs pour *Anogeissus leiocarpa* dans les peuplements soumis à une faible pression. Ce qui influence également la contribution de cette espèce à la surface terrière. La dominance de jeunes sujets entraîne une faible valeur de surface terrière. Pour ce qui concerne les structures en diamètre, la distribution en "J renversé" s'observe également au niveau des populations de *I. tomentosa*. Ce qui est conforme à nos observations de terrain où se constate un nombre important de pieds juvéniles. Cela s'explique par le fait que les individus de diamètre plus important sont exploités énormément par la population. Le non respect du plan d'aménagement de la forêt est également l'une des raisons. De tels résultats ont été obtenus par Kiki (2008) sur *Vitex doniana* et Fandohan *et al.* (2010b) sur le tamarinier. Ainsi ces auteurs ont montré que les pressions anthropiques ont un effet négatif

sur les paramètres dendrométriques tels que la densité de régénération et la densité des adultes. Ce qui confirme aussi les densités relativement plus faibles observées dans les unités topographiques étudiés. Des constats similaires sont également faits en ce qui concerne les structures en hauteur de l'espèce. En effet, les dissymétries gauches observées pour ces structures peuvent s'expliquer par la persistance des individus de grande taille tandis que les jeunes individus (de petite taille) sont souvent perturbés au cours de leur croissance.

#### **5.4 Représentation de la distribution spatiale**

La distribution spatiale agrégative a été observée au niveau des différentes unités topographiques mais de façon relative. L'analyse des courbes  $L(r)$  de répartition des arbres de *Isobertinia* spp., montre que ces derniers sont agrégés sur des distances inférieures à 8 m, mais présentent une distribution aléatoire avec une tendance à l'agrégation suite à l'analyse des courbes  $g(r)$ . Ces résultats ne sont pas conformes à ceux trouvés par Atindogbé (2004), Kiki (2005) et Dohou (2006) pour lesquels les distances d'agrégation sont inférieures à 6 m. Certes ces différents auteurs ont installé des placeaux de superficie plus grande que celles des placeaux installés pour cette étude et ont utilisé des méthodes de traitements différentes. La distance d'agrégation varie d'une unité topographique à l'autre, nonobstant c'est sur le versant que le plus d'agrégation est notée et ceci est dû au nombre d'individus relativement élevé. Par contre en bas de pente l'agrégation est faible à cause des coupes illicites et de la carbonisation qui se déroulent au sein de la forêt par les populations riveraines. L'agrégation obtenue sur cette unité topographique est synonyme de la résistance de l'espèce à l'hostilité du milieu.

La distance minimale d'isolation de 15 m trouvée par Azihou (2010) est proche du maximum de 13 m observé dans notre étude. Cette différence peut s'expliquer par la méthode d'échantillonnage qui n'est pas la même et aussi par la perturbation régulière des peuplements par les différentes activités humaines qui y sont effectuées. Selon Kiki (2005) l'agrégation aux faibles distances et leur tendance à la distribution aléatoire aux grandes distances est expliquée par le mode de dissémination ballochore, où au pied des semenciers on note une forte concentration de semences. Par ailleurs, ces différentes distributions observées au niveau de *Isobertinia* spp. peuvent aussi être dues aux différentes interactions entre les peuplements de *Isobertinia* spp. et leur environnement. En effet, selon Barbier *et al.* (2006), la structure spatiale d'un peuplement végétal dans la nature peut être fortement affectée par des interactions complexes, à la fois positives ou la facilitation et négatives ou la compétition entre les espèces. La combinaison des effets simultanés de la compétition et de la facilitation

semble être la règle dans la nature, d'où le rôle important de la structure spatiale dans la dynamique des peuplements (Pugnaire et Luque, 2001 ; Goreaud *et al.*, 2002). De même Azihou (2010), affirme que les conditions édaphiques locales influencent la distribution spatiale et les investigations sur la structure spatiale au sein d'espèces agrégatives requièrent une forêt large et non perturbée. Alors que dans le milieu d'étude les activités des populations locales limitent l'aire d'une végétation stable et influence la dynamique de répartition des espèces. Ce qui est confirmé par des études menées sur la structure spatiale des espèces (Kelly *et al.*, 2004 ; Djossa *et al.*, 2008 ; Khatarina *et al.*, 2010) qui ont montré que la structure spatiale varie suivant les modes d'utilisation des terres.

### **5.5 Connaissances, perceptions locales et impacts sur *Isoberlinia spp.***

Les connaissances sur *Isoberlinia spp.* sont distribuées équitablement entre les différents groupes socioculturels. Cette homogénéité trouve son explication dans l'utilisation de l'espèce à dominance comme combustible et comme bois d'œuvre. Ceci peut traduire une transmission des connaissances au fil des générations de façon à assurer une homogénéité des connaissances dans le milieu (LinsNeto et de Albuquerque, 2010). A part l'utilisation des feuilles comme assiettes ou comme emballages dans le bassin de la Donga (Goussanou *et al.*, 2011), aucun organe n'est exploité dans la commune d'étude. Seul le tronc et les branches sont prélevés fréquemment pour la satisfaction des besoins en bois énergie ou de construction. Par ailleurs, les populations désignent *I. doka* et *I. tomentosa* sous différents noms indiquant une connaissance ancienne sur les espèces (Atato *et al.*, 2010). Ce qui exclut l'éventualité d'une perte des connaissances endogènes relatives à l'espèce. De plus, les connaissances des populations sur *Isoberlinia spp.*, varient suivant les groupes socioprofessionnels. Ce qui n'est en rien inattendu, vu que par activité chacun développe différentes aptitudes. Par rapport à la qualité du bois, trois critères d'importance sont notés et sur lesquels les groupes socioprofessionnels se basent pour le choix des individus. Toutefois par critère, des préférences affinent ce choix. Par contre, les connaissances sur les techniques de reconnaissances de la qualité du bois sont inégalement réparties, en occurrence la présence de creux à l'intérieur de l'arbre. Ceci signifie qu'un groupe socioprofessionnel détient plus de connaissances sur l'espèce qu'un autre. Ce qui peut entraîner un risque de perte de connaissance vu que les connaissances soient détenues par une partie réduite de la population. Les pressions exercées sur les arbres varient d'une unité topographique à une autre. En bas de versant cette pression est élevée du fait que les versants et les sommets cachent les activités

d'exploitations illicites. Une grande partie des informateurs s'accordent sur la disparition de *I. tomentosa*. Eux mêmes l'expliquent par le fait que les autorités forestières se préoccupent plus de *I. doka* ce qui laisse le choix de coupe aux exploitants. Aucun système de conservation n'est établi comme l'affirment les 100% des enquêtés pour les deux espèces. Ce qui signifie que la conservation de *I. doka* et *I. tomentosa* n'est pas une préoccupation pour les exploitants du fait du pouvoir de régénération naturelle des espèces de *Isoberlinia* spp.

## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

L'étude évalue les particularités des peuplements à *Isoberlinia* spp. en relation avec le gradient topographique, contribue à l'analyse spatiale des espèces végétales et détermine les distances d'agrégation de l'espèce. Les résultats indiquent que suivant les unités topographiques la distance d'agrégation varie mais une plus grande agrégation s'observe sur le versant. Une distribution aléatoire s'observe au-delà d'un rayon de 8 m au maximum.

Le peuplement à *Isoberlinia* se compose de 33 espèces ligneuses avec une relative représentativité dans les différentes unités topographiques. Toutefois se note une disproportionnalité du nombre d'individus à diamètre compris entre 10 cm et 15 cm. Ce qui peut conduire à un grand recrutement d'adulte si les moyens sont mis en œuvre pour renforcer la régénération des espèces ligneuses. Cette tendance s'observe également au niveau de la structure en diamètre de *I. tomentosa* le remplacement des gros individus seraient possible mais en l'absence de perturbations. Pour ce qui est de *I. doka* une allure en cloche se constate où les individus de plus de 30 cm de diamètre sont en effectifs décroissant. Ce qui montre qu'au-delà de 25 cm de diamètre les arbres sont exploités.

L'évaluation ethnobotanique montre que les espèces du genre *Isoberlinia* sont très usitées pour les besoins en combustible et en bois d'œuvre. Cet état de chose entraîne une forte pression sur les espèces influençant le caractère grégaire de cette espèce. De plus, chaque utilisateur met en exergue à son niveau les différentes méthodes de reconnaissances de la qualité du bois et des préférences des individus. Les connaissances varient suivant les catégories professionnelles et démontre que le savoir est transmis au sein des groupes d'activités et ne se partage guère par tout le monde. Ainsi que ses différents acteurs n'établissent aucun moyen traditionnel pour assurer la conservation desdites espèces.

L'ensemble des résultats révèle une pression réelle sur les espèces et la nécessité de définir un système efficace de gestion et de conservation des peuplements à *Isoberlinia* notamment en forêt claire.

Ces résultats soulignent les axes de recherches suivants :

- La prise en compte de l'analyse spatiale dans le plan d'aménagement de la forêt de Zouzoukan ;
- L'utilisation lors des enrichissements des peuplements, des espèces étant dans un rayon supérieur à 8 m à tout individu de *Isobertia* spp ;
- La définition des stratégies de police forestière pour assurer une protection suffisante de la forêt de Zouzoukan.
- La détermination de déterminants environnementaux de la distribution des individus de *Isobertia* spp ;
- La quantification du stock de carbone au niveau des peuplements grégaires de *Isobertia* spp ;
- La généralisation de l'étude sur *Isobertia* spp et les autres espèces structurantes des forêts claires à l'échelle nationale.

## **PERSPECTIVES POUR LA THESE**

**Thème :** Peuplements grégaires à *Isoberlinia* spp. au Bénin : Modélisation de la distribution spatiale et estimation du stock de carbone

### **Problématique et justification**

Le genre *Isoberlinia* étant soumis à différent gradient d'anthropisation, il s'avère indispensable de comprendre les divers facteurs écologiques qui déterminent sa répartition dans ses différents habitats. La gestion et l'utilisation durable des ressources forestières exigent comme préalable une bonne connaissance des facteurs du milieu comme le climat, le sol et la topographie notamment et la dynamique des ressources à gérer (Sènon, 2009). Chaque espèce développe des accommodats par rapport aux conditions de son milieu de vie ce qui détermine la structure spatiale d'un peuplement. Le genre *Isoberlinia* comprend des essences ligneuses grégaires. Ainsi la distribution grégaire n'est pas seulement expliquée par la nature de l'espèce mais également par l'hétérogénéité du substrat (Dajoz, 1975). En outre, la structure spatiale caractérise les éventuelles hétérogénéités du peuplement d'origine exogène ou endogène comme le sol, la topographie, la lumière, etc. qui jouent un rôle important dans le fonctionnement de l'écosystème (Goreaud, 2000). Les méthodes d'analyse spatiale sont souvent considérées comme descriptives et ne permettent pas d'inférer les relations causales (Barot *et al.*, 1999). La structure spatiale des plantes en communautés naturelles résulte de relations complexes notamment les facteurs exogènes qu'il faut contrôler pour assurer de bonne stratégie de conservation. Notre étude est axée sur la détermination des particularités écologiques qui conditionnent la répartition de *Isoberlinia* spp. En effet, les facteurs climatiques tels que la précipitation et la température sont des paramètres instables, difficile à obtenir, ne permettant pas d'assurer la prédiction des structures spatiales. En conséquence, il est utile de comprendre comment les paramètres spatial et non spatial influencent l'analyse spatiale de la viabilité des populations (Naujakaitis-Lewis *et al.*, 2008). Avec les températures de plus en plus élevées et la distribution de la hauteur des précipitations de plus en plus variable et imprévisible, le changement climatique peut affecter les différents endroits, régions, et groupes de populations de manière différente (Nori et Davies, 2007). Appréhender les relations entre ces paramètres incertains et la distribution spatiale de *Isoberlinia* spp. constitue un des axe de recherche important. Certes le climat exerce un contrôle clé sur la distribution des écosystèmes mondiaux importants (Bond *et al.*, 2005). Quantifier les relations entre les distributions des espèces et leur environnements abiotique ou

biotique est une longue histoire dans la recherche écologique (Rushton *et al.*, 2004). Prédire la répartition des espèces dans le temps est nécessaire pour l'atteinte des objectifs de conservation et de gestion des communautés végétales et en particuliers pour les espèces menacées. Aucune étude n'a été menée sur la modélisation des peuplements grégaires à *Isobertinia* spp alors qu'ils sont soumis à d'énormes pressions.

Le fait que les *Isobertinia*, jadis non exploités, sont devenus des substituts des bois de valeur tels que *Milicia excelsa*, *Khaya senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *etc.*, tant au Bénin que dans la sous-région (Fonton et Sagbo, 2004) indique le niveau de pression subit. Le couvert végétal dans la zone intertropicale diminue depuis le début du siècle et parallèlement, les surfaces cultivées ont considérablement augmenté (Bergonzinni et Lanly, 2000) avec pour corollaire la déforestation et la dégradation des forêts. Les pertes annuelles en couvertures forestières au Bénin sur la période de 2000 à 2010 sont estimées à 50.000 ha (FAO, 2011). Les peuplements à *Isobertinia* spp., qui sont le capital ligneux le plus important après les plantations de teck (Sagbo, 2000) ne sont pas épargnés. Cette perte de couverture végétale, cause la libération du carbone stocké depuis de nombreuses années dans les forêts et contribue ainsi aux changements climatiques. Le carbone est considéré comme le gaz à effet de serre le plus important responsable du réchauffement climatique. En Afrique, la principale source d'émission de l'ordre de 70% provient du changement d'usage des terres, notamment la déforestation des terres pour les activités agricoles et les 30% restant sont imputables aux émissions industrielles et aux transports (GIEC, 2001). Les forêts tropicales constituent un important réservoir de carbone et stockent 37% du carbone forestier (Bergozini, 2004). La végétation forestière a une contribution significative en réduisant l'impact des émissions globales de CO<sub>2</sub> et en maintenant la stabilité régionale ou même globale du climat (Haripriya, 2002). Le Bénin n'est pas un pays forestier mais a développé de grandes plantations de Teck (Blackett et Gardette, 2008). Bien que les plantations forestières soient considérées comme de petit puits de carbone (Losi *et al.*, 2003), les plantations forestières peuvent devenir plus importantes dans la mesure où l'on s'attend à ce que leurs superficies augmentent pendant les prochaines décennies (Redondo-Brenes, 2007). Les plantations constituent à la fois un frein pour la déforestation mais participe aussi à la réduction des gaz à effet de serre mais nécessite une quantification de la séquestration qui a lieu. Ainsi au Bénin, les travaux de Ahononga *et al.* (2006), et Assouma (2010) ont été effectués afin de constituer une banque de données sur la séquestration du carbone au niveau des teckeraies. De même Dossa (2010) a estimé le stock

de carbone au niveau des parcs à karité et néré en zone soudanienne du Bénin. De telles études méritent d'être effectuées dans les peuplements grégaires à *Isobertinia* spp., pour établir leur apport à la diminution du taux de carbone libéré dans l'atmosphère.

### **Objectif général**

Connaître les facteurs de répartition des peuplements à *Isobertinia* spp. et leur contribution à la mitigation des effets du changement climatique.

### **Objectifs spécifiques**

- Analyser la structure spatiale de *Isobertinia* spp. suivant les différents gradients climatiques du Bénin ;
- Modéliser la distribution spatiale de *Isobertinia* spp. suivant les différents gradients climatiques du Bénin ;
- Estimer le stock de carbone dans les peuplements à *Isobertinia* spp au Bénin.

### **Hypothèses**

- Les gradients climatiques influencent la structure spatiale de *Isobertinia* spp.
- Les variabilités climatiques conditionnent la distribution future de *Isobertinia* spp.
- Les peuplements à *Isobertinia* spp. séquestrent une quantité importante de carbone.

### **Matériel et méthodes**

Les sites concernés par la présente étude sont les forêts classées sur l'ensemble du territoire national et qui disposent de peuplements à *Isobertinia* spp. Il s'agit entre autre des forêts classées de Béléfougoun, de Wari-Marou et des Monts Kouffé. La méthodologie de travail se résume principalement à la documentation, aux travaux de terrain et de laboratoire, à l'analyse des données et à la rédaction.

- Analyse de la structure spatiale

Le matériel à utilisé comprend les outils de collecte de données courantes (clinomètre, GPS, ruban, fiches etc.). La méthode de Ripley (1977) sera appliquée pour établir la spatialisation des peuplements. Différents méthodes statistiques d'analyse des données seront exécutées. La méthodologie par rapport a cet objectif a été largement décrite dans le présent document.

- Prévision de la distribution spatiale

La méthodologie adoptée fait intervenir l'utilisation des images satellitaires multidates fournies par [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org) et REBIOMA, et des données environnementales comme le climat, l'altitude, le sol, etc. La modélisation de la distribution de *Isobertinia* spp. sera réalisée avec les logiciels DIVA GIS et MAXENT. Les coordonnées géographiques des sites de relevés sur le terrain seront également introduites dans les logiciels. Le premier logiciel requiert l'utilisation des données climatiques de [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org), des données

orographiques et géologiques. La méthode de modélisation qui sera adoptée et celui de BIOCLIM (module de DIVA GIS). Quant au logiciel MAXENT, les données climatiques de [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org), plus précisément les images relatives aux changements climatiques et les images sur les taux de couvertures forestières seront utilisées. La qualité du modèle de prédiction sera évaluée à la fin de chaque processus (DIVA ou MAXENT) pour vérifier la fiabilité du résultat.

- Estimation du stock de carbone

La méthodologie d'estimation du carbone se basera sur les recommandations faites par IPCC (2003) dans «*Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry*» (LULUCF) et sur l'ouvrage de MacDiken (1997), comportant la méthode décrite dans Valentini (2007). La méthode consiste à évaluer la biomasse présente dans plusieurs composantes (aériennes et souterraines) de l'écosystème, et en plus à inclure la matière organique du sol. L'estimation du stock de carbone pour la présente étude tient compte uniquement de la partie aérienne des arbres. Ainsi, nous ferons les observations dans les peuplements à *Isoberlinia* spp, situés dans les forêts classées du Centre et du Nord Bénin. Les évaluations du stock de carbone sont généralement basées sur des équations allométriques reliant le carbone ou la biomasse sèche au diamètre à hauteur d'homme (DBH) (Christopher *et al.*, 2002). Par conséquent, il s'agit ici d'élaborer les équations propres à nos peuplements. Ainsi, pour étudier le stock de carbone dans ces peuplements, les deux échelles suivantes seront considérées: une échelle au niveau de l'arbre ; et une échelle au niveau du peuplement. Au niveau de l'arbre, nous allons mesurer les quantités de biomasse et de carbone des différentes parties de l'arbre afin de décrire la relation allométrique entre le diamètre à hauteur d'homme DBH, la hauteur totale et le stock de carbone. Au niveau du peuplement, le travail consistera à mesurer la hauteur et le DBH et à compter les arbres dans des placettes installées afin d'évaluer la quantité de carbone entreposée dans les arbres des peuplements, en utilisant le DBH moyen et la densité d'arbre pour chaque plantation dans les relations précédemment décrites.

### **Résultats attendus et/ou à atteindre**

- La structure spatiale de *Isoberlinia* spp. sera établi
- La distribution de *Isoberlinia* spp. sera établi sur la base de modèles prédictifs élaborés
- Le stock de carbone des peuplements à *Isoberlinia* spp. sera quantifié.

## BIBLIOGRAPHIE

- Adjinda A. A. 2002.** Contribution à l'aménagement durable des forêts villageoises de la commune de Ouèssè : Cas de IDADJO et de GBEDE. Thèse d'Ingénieur. Agronome. FSA/ UAC Bénin: 183p. & Annexes.
- Adjonou K., Bellefontaine R., Kokou K. 2009.** Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo : structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes. *Sécheresse* 2009 ; 20 (1e) : e1-e10
- Agbani, O. P. 2002.** Etudes phytosociologiques des groupements forestiers par bandes longitudinales à grandes échelles : Cas du noyau central de la forêt dense semi décidue de la Lama au Bénin. Mémoire de DEA. FLASH/UAC, Bénin. 73 p. & Annexes.
- Ahononga F.C., Ahonon M., Boni L. 2006.** Contribution des plantations privées à la constitution des réserves de carbone au Bénin : cas de plantations de teck (*Tectona grandis*) et d'Acacia (*Acacia auriculiformis*) de la commune d'Abomey-Calavi. APRA/AGRAN.
- Aminou B.K. 2002:** Utilisation des ressources végétales non cultivées dans les terroirs villageois : Les cas de Ngoko et de Ndjoy, Tchad. Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasad, N'Djamena, Tchad -Cirad, Montpellier, France.
- Arouko S. J. 2009.** Phytodiversité, capacité de charge et dynamique de régénération des formations végétales du bassin versant de la Donga. Mémoire de maîtrise DGAT/FLASH/UAC, 92 p.
- Assogbadjo A.E., Glèlè Kakaï R., Sinsin B., Pelz D. 2010.** Structure of *Anogeissus leiocarpa* Guill., Perr. Natural stands in relation to anthropogenic pressure within Wari-Marô Forest Reserve in Benin. *African Journal of Ecology*. 48(3): 644-653.
- Assouma H.M. 2010.** Estimation du stock de carbone dans les plantations de *Tectona grandis* âgées de 20 ans de la Lama et de Djigbé au Sud-Bénin. Mémoire de DEA. FSA/UAC, 89 p.
- Atato B., Wala K., Batawila K., Agbelessessi Y., Woegan K., Akpagana K. 2010.** Diversity of Edible Wild Fruit Tree Species of Togo. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnologie* 2010 Global Science Books.
- 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, Bénin. 97 p.
- Awokou K.S., Ganglo C.J., Azontondé H.E., 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.
- Azihou A.F. 2010:** Ecological factors associated with the spatial isolation of individual trees of the gregarious species *Isobertinia doka* Craib and Stapf in Benin. Master of Science Thesis, FSA/UAC, 48 p.
- Baddeley A., Turner R. 2005.** Spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point patterns. *J. Stat. Software*, 12 (6): 1548–7660.
- Barbier N., Coueron P., Lejoly J., Deblauwe V., Lejeune O. 2006.** Self-organised vegetation patterning as fingerprint of climate and human impact on semiarid ecosystems. *Journal of Ecology* 94(3): 537-547.
- Barot S., Gignoux J., Menaut J-C. 1999.** Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. *Ecology*, 80(6), 1999, pp. 1987–2005.
- Belem B., Olsten C., Theilade I., Bellefontaine R., Guinko S., Lykke A., Diallo A., Boussim J., 2008.** Identification des arbres hors forêt préférés des populations du Sanmatenga (Burkina Faso). *Bois et Forêts des tropiques*, 2008, N°298(4).
- Bergonzini J-C., Lanly J-P. 2000.** Les forêts tropicales. Karthala et Cirad. 2000.
- Bergonzini J-C. 2004.** Changements climatiques, désertification, diversité biologique et forêts. SILVA-RIAT. 146 p.
- Biaou H. S. S. 1999.** Etude des possibilités d'aménagement de la forêt classée de Bassila : Structure et dynamique des principaux groupements végétaux et périodicité d'exploitation. Thèse d'Ingénieur Agronome. FSA/UNB, Benin. 190 p. & Annexes.

- Blackett H., Gardette, E. 2008.** Cross-border flows of timber and wood products in West Africa. European Commission. Final Report, HTSPE Ltd.
- Bond W.J., Woodward F.I., Midgley G.F. 2005.** The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* (2005) 165: 525–538
- Bonou W. 2007.** Caractérisation structurale des formations végétales hébergeant *Azelia africana* Sm: cas de la forêt classée de la Lama au Sud du Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, 76 p.
- Boyle B.L. 1996.** Changes on altitudinal and latitudinal gradients in neotropical mountain forests. Washington University, St Louis, 275p.
- Christopher J. L., Thomas G. S., Richard C., Juan E. M. 2003.** Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management* 184, 355–368.
- 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). Thèse de Doctorat, Lyon I. 301 p.
- Couteron P. 1998.** Relations spatiales entre individus et structure d'ensemble dans des peuplements ligneux soudano-sahéliens au nord-ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat de Université Paul Sabatier; Toulouse III, 223 p.
- Curtis J.T., Macintosh R.P. 1951.** An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32, 476–496.
- Dadjo C., Assogbadjo A.E., Fandohan B., Glèlè Kakai R., Chakeredza S., Houéhanou T.D., Van Damme P., Sinsin B. 2012.** Uses and management of black plum (*Vitex doniana* Sweet) in southern Benin. *Fruits*, 2012, vol. 67, p. 173-187.
- Dagnelie P. 1998.** Statistique théorique et appliquée vol. 2. De Boeck et Larcier, Belgique.
- Dajoz R., 1975.** Précis d'Ecologie, 4ème. Gauthiers Villars, pp : 1–503.
- Diouf A. 2006.** Etude de la structure spatiale et des interactions biologiques au sein d'une végétation périodique du Niger par l'analyse des processus ponctuels. Mémoire DEA , ULB Bruxelles.
- Djègo G. 2006.** Phytosociologie de la végétation de sous-bois et impact écologique des plantations forestières sur la diversité floristique au sud et au centre du Bénin. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi. 369 p.
- Djossa B. A., Fahr J., Wiegand T., Ayihouenou B. E., Kalko E. E., Sinsin B. A. 2008.** Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaerten stand structure and distribution patterns: a comparison of Biosphere Reserve of Pendjari in Atacora district in Benin. *Agroforest. Syst.* 72: 205–220.
- Dohou O. R. 2006** Contribution méthodologique a l'étude de la répartition spatiale des arbres: détermination de l'aire optimale d'étude de la répartition spatiale des arbres dans un peuplement a dominance *Isobertinia spp* dans la forêt classée de Wari-Marou (centre-benin). Thèse d'Ingénieur. Agronome. FSA/ UAC, 93p.
- Dossa A.F.E. 2010.** Stock de carbone et émissions de gaz à effet de serre dans le parc à Karité (*Vitellaria paradoxa*) et Néré (*Parkia biglobosa*) de Bembèrèkè en zone soudanienne du Bénin. Mémoire de DESS/AGRN/UAC. 76 p.
- FAO. 1999.** State of the World's Forest. FAO. Rome, 154 p.
- FAO. 2010.** Global forest resources assessment, 2010 – Main report. FAO Forestry Paper 163. Rome, Italy. (Also available at [www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/](http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/)).
- FAO. 2011.** State of the World's Forests FAO. Rome, 179 p.
- Fahala A.A., Guidibi E. 2006.** Monographie de la commune de Zangnannado, Afrique Conseil , Avril 2006, 31 p.
- Fandohan B., Assogbadjo A.E., Glele Kakai R., Kyndt T., De Caluwé E., Codjia J.T.C., Sinsin B. 2010a.** Women's traditional knowledge, Use Value, and the Contribution of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) to rural households cash income in Bénin. *Economic Botany*, 64(3), 2010, pp. 1-12.
- Fandohan A.B., Assogbadjo A.E., Glele Kakai R.L., Sinsin B. Van Damm P. 2010b.** Impact of habitat type on the conservation status of tamarind (*Tamarindus indica* L.) populations in the W National Park of Benin. *Fruits*, 2010, vol. 65, p. 11–19.
- Fonton N., 1997.** Inventaire des massifs forestiers des Monts-Kouffé, Wari-Marou et Agoua. DFRN Report, Cotonou, pp. 1–84.

- Fonton N., Glèlè-Kakai R., Rondeux J. 2002.** Etude dendrométrique d'*Acacia auriculiformis* en mélange sur vertisol au Bénin. *Biotechn. Agron. Soc. Environ.*, 6(1): 29-37.
- Fonton, H. N. et Sabgo, P. A. A. 2004.** Modélisation des distributions des paramètres dendrométriques d'une espèce ligneuse dominante en peuplement naturel, in *Ann. For Sci.* 61 : 1-5.
- Ganglo J.C. 2005.** Groupements de sous-bois, identification et caractérisation des stations forestières : cas d'un bois au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 2005, N° 285 (3)
- Gbétie J. 2009.** Etude comparative de la meule traditionnelle et du four casamançais en carbonisation dans la forêt communautaire de Zouzoukan. Mémoire de technicien supérieur, FSA/UAC, 36 p.
- GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat). 2001.** Bilan des changements climatiques, les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I, au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, disponible sur le site de IPCC [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
- Guédou R. 2005.** Impacts de la production du bois énergie et du charbon de bois sur les peuplements à *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill et Perr. dans la forêt classée de l'Ouémé-Boukou. Thèse diplôme d'études supérieures spécialisées en aménagement et gestion des ressources naturelles. UNB/FSA
- Glèlè Kakai R., Bonou W., 2010 :** Modélisation et interprétation des structures en diamètre et en hauteur des peuplements forestiers, note de recherche, 21 p.
- Glèlè Kakai R., Sinsin B., 2009.** Structural description of two *Isobrerlinia* dominated communities in the Wari-Marou forest reserve (Benin). *South African Journal of Botany* 75 (1), 43–51.
- Goreaud R., Courbaud B., Collinet F. 1999.** Spatial structure analysis applied to modeling of forest dynamics: a few examples. In: Amaro A. & Tomé M. (Eds.) *Proceedings of the IUFRO Workshop, Empirical and Process Based Models for Forest Tree and Stand Growth Simulation*. Novas Tecnologias, Oerias, PT, pp. 155–172.
- Goreaud F. 2000.** Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèse Doctorat, Option Sciences Forestières. ENGREF, Nancy.
- Goreaud F., Loreau M., Millier C. 2002.** Spatial structure and the survival of an inferior competitor: a theoretical model of neighbourhood competition in plants. *Ecological Modelling* 158: 1-19.
- Goussanou A. C., Tente B., Agbani P., Djègo G., Sinsin B., 2011.** Inventaire, caractérisation et mode de gestion de quelques produits forestiers non ligneux du bassin versant de la Donga. *Annales des Sciences Agronomiques* 14 (1) 77-99.
- Haripriya G. S., 2002.** Biomass carbon of truncated diameter classes in Indian forests. *Forest Ecology Management*, 168: 1–13.
- Houinato M. 2001.** Phytosociologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts Kouffé (Bénin). Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles. Bruxelles, 219 p.
- Hountondji Y-C. H., 2008.** Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Thèse de doctorat, Université de Liège, 153.p
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003.** Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry (LULUCF). Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- Kelly B. A., Hardy J. O., Bouvet J. M. 2004.** Temporal and spatial genetic structure in *Vitellaria paradoxa* (shea tree) in an agroforestry system in southern Mali. *Mol Ecol* 13: 1231–1240.
- Kelly B.A. 2011.** Food Growth response of *Anogeissus leiocarpa* coppices to prescribed fire and weeding after plantation harvesting in the Sudanian zone of Mali, West Africa. *African Journal of Plant Science* Vol. 5(2), pp. 92-101
- Kiki J.M. 2005.** Etude de la répartition spatiale des arbres de *Isobrerlinia* spp. dans la forêt classée de Wari-Marou (Centre Benin). Thèse pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome. FSA/UAC, 101 p.
- Kiki M. 2008.** Structure et régénération naturelle des populations de *Tamarindus indica* L. et de *Vitex doniana* Sw. dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W/Bénin : Cas de la Commune de Banikoara. Mémoire d'Ingénieur des travaux. EPAC/UAC : 89 p.

- Khatarina S., Wittiga R., Thiombianob A., Beckerc U., Hahna K. 2010.** Impact of land-use type and bark and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna, West Africa, *Forest Ecology and Management* 260 (2010) 2035–2044.
- Kpatico B. 2009.** Importance et modes d'exploitation de la diversité ligneuse dans le bassin versant de la donga. Mémoire de maîtrise DGAT/FLASH/UAC, 101 p.
- Lejeune P., 2001.** Arpent 2.0, logiciel de saisie de données d'arpentage – Guide d'utilisation. FUSAGx. Note Technique Forestière, 5 :1 – 12.
- LinsNeto E. M. F., de Albuquerque P. U. 2010.** Traditional Knowledge and Management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): An Endemic Species from the Semi-Arid Region of Northeastern Brazil. In *Economic Botany*, 64 (1): 11–21.
- Lokonon B.E. 2008.** Structure et ethnobotanique de *Dialium guineense* Willd., *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex A. Rich. et *Mimusops andongensis* Hiern. en populations dans le Noyau Central de la Forêt Classée de la Lama (Sud-Bénin). Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, 89 p.
- Lomolino M.V., Sax D.F., Brown J.H.(eds), 2004.** Foundations of biogeography. Chicago University Press, Chicago.
- Losi J., Siccama T., Condit R., Morales J., 2003.** Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young plantations. *For Ecol Manage* 184, 355–368.
- Machado E., Peroni N., Albuquerque P. 2010.** Traditional knowledge and Management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): An Endemic Species from the Semi-Arid Region of Northeastern Brazil; *Economic Botany*, 64 (1), 2010, pp. 11-21.
- Monteiro J. M., Albuquerque U. P., Lins Neto E. M. F., Araújo E. L., Amorim E. L. C. 2006.** Use Patterns and Knowledge of Medicinal Species among Two Rural Communities in Brazil's Semi-Arid Northeastern Region. *Journal of Ethnopharmacology* 105:173–186.
- Naujokaitis-lewis I.R., Curtis J.M.R., Arcese P., Rosenfeld.J. 2008** Sensitivity Analyses of Spatial Population Viability Analysis Models for Species at Risk and Habitat. *Conservation Planning, Conservation Biology*, Volume 23, No. 1, 225–229.
- Norie M, Davies J. 2007.** Vent de changement: changement climatique, adaptation et pastoralisme. L'Initiative Mondiale pour un Pastoralisme Durable, UICN, 2007.
- Orthmann B., 2005.** Vegetation ecology of a woodland–savanna mosaic in central Benin (West Africa): Ecosystem analysis with a focus on the impact of selective logging. PhD Thesis, Rostock, pp. 1–139.
- Philip M.S., 2002.** Measuring trees and forests, 2nd ed. CABI, London, pp. 1–310.
- PBF (Projet Bois de Feu II). 2010.** Plan d'aménagement et de gestion simplifiée de la forêt intercommunale de Zouzoukan. MEPN/DGFRN, 97 p.
- Pugnaire F. I., Luque M. T. 2001.** Changes in plant interactions along a gradient of environmental stress. *Oikos* 93(1): 42-49.
- Redondo-Brenes A. 2007.** Growth, carbon sequestration, and management of native tree plantations in humid regions of Costa Rica. *New Forests* (2007) 34, 253–268.
- Ripley B. 1977.** Modeling Spatial Patterns. *J. R. Stat. Soc., Series B*, 39: 172–212 from Goreaud R., Courbaud B. & Collinet F., 1999. Spatial structure analysis applied to modeling of forest dynamics: a few examples. In: Amaro A., Tomé M. (Eds.), *Proceedings of the IUFRO workshop, Empirical and Process Based Models for Forest Tree and Stand Growth Simulation*. Novas Tecnologias, Oerias, PT. pp: 155–172.
- Rondeux J. 1999.** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux, 523 p.
- Rushton S.P., Ormerod S.J., Kerby G. 2004.** New paradigms for modelling species distributions? *Journal of Applied Ecology* (2004) 41, 193–200.
- Sagbo P. 2000.** Etude dendrométrique des peuplements à dominance *Isoberlinia spp.*: cas de la forêt classée de l'Ouémé supérieur. Thèse d'Ingénieur. Agronome. FSA/ UAC 93.p.
- Schemske D.W. 2002.** Ecological and evolutionary perspectives on the origins of tropical diversity. In : *Foundations of Tropical Forest Biology: Classic Papers with Commentaries*, ed. R. Chazdon, T. Whitmore, pp. 163-173. Chicago, IL: Univ. Chicago Press.

- Sènon Z.N. 2009.** Contribution à la gestion durable des forêts : Caractéristiques écologiques et structurales de la forêt naturelle de Pahou au sud du Bénin. Thèse d'Ingénieur. Agronome. FSA/ UAC 120.p.
- Sinsin B., 1993.** Phytosociologie et 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. 390 p.
- Sinsin B., Eyog Matig O., Assogbadjo A.E., Gaoué O.G., Sinadouwirou T., 2004.** Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azelia africana* Sm. trees dynamics in different climatic zones of Benin. *Biodiversity and Conservation* 13, 1555–1570.
- Sokpon N. 1995.** Recherche écologique sur la forêt semi -décidue de Pobè au Sud est Bénin : Groupements végétaux, régénération naturelle et chute de la litière. Thèse de Doctorat, ULB 350 p.
- Sokpon N, Biaou S.H., Ouinsavi C., Hunhyet O. 2006.** Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération. *Bois et Forêts des Tropiques*, 2006, N° 287 (1)
- Valentini F. 2007.** Evaluation de la séquestration du carbone dans des plantations agroforestières et des jachères issues d'une agriculture migratoire dans les territoires autochtones de Talamanca au Costa ; Mémoire de Maîtrise en biologie végétale; Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'alimentation, Université Laval Québec, Canada. 128 p.
- Yabi C. C. 2003.** Contribution méthodologique au cubage des essences locales des forêts naturelles : cas de *Isobertia* spp. dans la zone soudanienne au Bénin. Thèse d'Ingénieur. Agronome. FSA/UAC, 132 p.
- Yémadjè R. 2004.** Contribution a la gestion durable des forets au Benin: biodiversité des endomycorhizes de *Isobertia doka* (craib & stapf) dans différentes formations végétales de la forêt classée de Wari-Marô (nord benin).
- Yorou N.S., DeKesel A., Sinsin B., Codjia J.-C., 2001.** Biodiversité et productivité des champignons comestibles de la forêt classée de Wari–Marô (Bénin). *Systematics and Geography of Plants* 71, 613–625.
- White, F. 1983.** The vegetation of Africa. UNESCO, Nat. Ress. Res. 20 : 1-356.

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Matériel de terrain .....	16
Tableau II: Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre de forme c .....	20
Tableau III: Indices ethnobotaniques .....	26
Tableau IV: Valeurs moyennes d'indice de valeur d'importance des groupes selon les unités topographiques .....	27
Tableau V: Paramètres écologiques et dendrométriques des unités topographiques .....	29
Tableau VI: Paramètres écologiques et dendrométriques .....	38

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Distribution connue de <i>Isobertia</i> spp. en Afrique.....	11
Figure 2 : Carte d'occupation du sol de la forêt de Zouzoukan .....	12
Figure 3: Diagramme ombrothermique et pluviométrique.....	13
Figure 4: Dispositif d'inventaire forestier.....	22
Figure 5: Projections des groupes d'espèces suivant leurs indices de valeur d'importance dans les unités topographiques.....	28
Figure 6: Structure en diamètre de toutes les espèces des unités topographiques.....	30
Figure 7: Structure en diamètre des populations de <i>I. doka</i> .....	31
Figure 8: Structure en diamètre des populations de <i>I. tomentosa</i> .....	31
Figure 9: Structure en hauteur des populations d' <i>I. doka</i> .....	32
Figure 10: Structure en hauteur des populations de <i>I. tomentosa</i> .....	32
Figure 11: Structure spatiale de <i>I. doka</i> et <i>I. tomentosa</i> sur le sommet.....	33
Figure 12: Courbe de fonction $L(r)-r$ et $g(r)$ de répartition spatiale des individus de <i>Isobertia</i> spp. 33	
Figure 13: Fréquence de distribution des distances au plus proche voisin sur le sommet .....	34
Figure 14: Structure spatiale de <i>I. doka</i> et <i>I. tomentosa</i> sur le versant.....	35
Figure 15: Courbe de fonction $L(r) - r$ et $g(r)$ de répartition spatiale des individus de <i>Isobertia</i> spp. ....	35
Figure 16: Fréquence de distribution des distances au plus proche voisin sur le versant.....	35
Figure 17: Structure spatiale de <i>I. doka</i> et <i>I. tomentosa</i> en bas de pente.....	36

Figure 18: Courbe de fonction $L(r) - r$ et $g(r)$ de répartition spatiale des individus de <i>Isobertia</i> spp. en bas de pente .....	37
Figure 19: Fréquence de distribution des distances au plus proche voisin en bas de pente .....	37
Figure 20: Exploitation de <i>I. doka</i> et <i>I. tomentosa</i> en fonction des groupes ethniques .....	41
Figure 21: Relation entre le profil et les catégories professionnelles.....	42
Figure 22: Taux de prélèvement dans (a) les formations végétales et dans les zones (b) .....	43
Figure 23: Abondance des espèces selon les populations .....	43

### **LISTE DES PHOTOS**

Photo 1: Vue de quelques pieds de <i>Isobertia</i> spp sur le sommet .....	34
Photo 2: Vue de quelques pieds de <i>Isobertia</i> spp sur le versant .....	36
Photo 3: Vue de quelques pieds de <i>Isobertia</i> spp en bas de pente .....	37
Photo 4: Quelques menaces sur les peuplements à <i>Isobertia</i> spp .....	43

## ANNEXES

### Annexe 1. Fiche de collecte de données dendrométriques

Formulaire N°:.....	Coordonnée UTM :.....	Date de mesure :.....
Placette N° :.....	Type de sol :.....	Chef d'équipe :.....
N° unité :.....	Topographie :.....	
N° sous-unité :.....	Observations particulières :.....	

N°	Azimut	Distance	Pente	D <sub>1,3m</sub> (cm)	Hauteur			Forme Houppier	Qualité bois	Etat sanitaire
					d (m)	Vise haut	Vise bas			
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										

## Annexe 2 : Questionnaire

### 1. Quel est votre âge?

1. <40 2. >40

### 2. Quel est votre ethnie?

1. Holli 2. Fon 3. Mahi

### 3. Quel est votre profession?

1. Scieurs  
2. Charbonnier  
3. Agriculteur  
4. Commerçant de bois de chauffe  
5. Autres

### 4. Quel est votre sexe?

1. Homme 2. Femme

### 5. Connaissez-vous les deux espèces du genre *isoberlinia*?

1. Oui 2. Non

### 6. Où trouvez-vous les espèces pour les différents usages?

1. Terrain privé 2. Domaine protégé

### 7. Quel est la formation végétale dans laquelle vous faite les prélèvements?

1. Forêt claire 2. Savane boisée 3. Champs/Jachères

### 8. Avez-vous une préférence?

1. Oui 2. Non

### 9. Quel sont les utilisations que vous en faite?

1. Construction 2. Menuiserie 3. Bois de feu  
4. Carbonisation 5. Vente

### 10. Sur quels critères choisissez-vous l'individu?

1. Profil 2. Diamètre  
3. Etat sanitaire 4. Hauteur  
5. Aucun critère

### 11. Quels sont les paramètres du profil?

1. Droit 2. Penché 3. Tordu  
4. Droit et/ou penché 5. Tout

### 12. Quels sont les paramètres du diamètre?

1. <20 cm 2. >20 cm 3. Tout diamètre

### 13. Quels sont les paramètres de l'état sanitaire?

1. Bon 2. Pourriture  
3. Cime cassée 4. Blessure  
5. Creux à l'intérieur 6. Tout

### 14. Quels sont les paramètres des hauteurs?

1. <2 2. <5 3. <10 4. >10

### 15. Comment reconnaissez-vous le creux à l'intérieur de l'arbre sans l'avoir abattu?

1. Ouverture 2. Pas d'appréciation  
3. Résonance 4. Attaque de termites  
5. Pourriture 6. Epiphyte

### 16. Que faites vous des individus qui ne répondent pas a vos choix?

1. Abandon  
2. Destruction  
3. Section  
4. Carbonisation/Bois de feu

### 17. Que pensez vous de la viabilité de *I. doka*

1. Rare 2. peu abondant 3. abondant  
4. Très abondant

### 18. Que pensez vous de la viabilité de *I. tomentosa*

1. Rare 2. peu abondant 3. abondant  
4. Très abondant

### 19. Quel est l'impact de votre activité sur la survie des peuplements à *Isoberlinia*?

1. Rajeunissement  
2. Dégradation  
3. Disparition  
4. Raréfaction des sujets exploitables  
5. Aucun impact

### 20. Que faire pour mieux valoriser l'utilisation de ces deux espèces ?.

## Annexe 3 : Indices ethnobotaniques

Valeur consensuelle des types d'utilisation (CTU)

Types d'usages	CTU
Combustible	0,14242424
Construction	0,01363636
Commerce	0,1530303
Autre	0,0030303

Valeur de diversité des utilisations (UD) et Valeur d'équitabilité des utilisations (UE)

Catégorie d'usages	UD	UE
Bois de chauffe	0,206	0,567
Charbon	0,364	1
Toiture de maison	0,012	0,033
Mobilier de maison	0,030	0,083
Bille	0,267	0,733
Fagot de bois	0,042	0,117
Sac de charbon	0,097	0,267
Emballage	0,013	0,036

Indice de diversité des enquêtés (ID) et Indice d'équitabilité (IE)

Nombre total d'informateurs	115
Types d'utilisation	3
Valeur de diversité de l'enquêté (ID)	Moyenne $\pm$ erreur standard
ID Moyen	0,49 $\pm$ 0,02
ID Moyen Homme	0,18 $\pm$ 0,01
ID Homme < 40	0,18 $\pm$ 0,01
ID Homme $\geq$ 40	0,19 $\pm$ 0,01
ID Homme Holli < 40	0,18 $\pm$ 0,01
ID Homme Holli $\geq$ 40	0,22 $\pm$ 0,01
ID Homme Fon < 40	0,19 $\pm$ 0,01
ID Homme Fon $\geq$ 40	0,20 $\pm$ 0,01
ID Homme Mahi < 40	0,17 $\pm$ 0,00
ID Homme Mahi $\geq$ 40	0,16 $\pm$ 0,00
ID Moyen Femme	0,18 $\pm$ 0,01
ID Femme < 40	0,19 $\pm$ 0,01
ID Femme $\geq$ 40	0,17 $\pm$ 0,00
ID Femme Holli < 40	0,19 $\pm$ 0,01
ID Femme Holli $\geq$ 40	0,12 $\pm$ 0,00
ID Femme Fon < 40	0,23 $\pm$ 0,01
ID Femme Fon $\geq$ 40	0,22 $\pm$ 0,05
ID Femme Mahi < 40	0,14 $\pm$ 0,06
ID Femme Mahi $\geq$ 40	0,16 $\pm$ 0,01
ID Scieurs	0,15 $\pm$ 0,04
ID Commerçant	0,14 $\pm$ 0,00
ID Agriculteurs	0,15 $\pm$ 0,01
ID Charbonniers	0,22 $\pm$ 0,00
ID Autres activités	0,16 $\pm$ 0,05
Valeur d'équitabilité de l'enquêté (IE)	Moyenne $\pm$ erreur standard
IE Moyen	
IE Moyen Homme	0,49 $\pm$ 0,02
IE Homme < 40	0,48 $\pm$ 0,02
IE Homme $\geq$ 40	0,51 $\pm$ 0,03
IE Homme Holli < 40	0,50 $\pm$ 0,02
IE Homme Holli $\geq$ 40	0,60 $\pm$ 0,03
IE Homme Fon < 40	0,51 $\pm$ 0,01
IE Homme Fon $\geq$ 40	0,54 $\pm$ 0,02
IE Homme Mahi < 40	0,46 $\pm$ 0,01
IE Homme Mahi $\geq$ 40	0,45 $\pm$ 0,01
IE Moyen Femme	0,49 $\pm$ 0,02
IE Femme < 40	0,50 $\pm$ 0,03
IE Femme $\geq$ 40	0,46 $\pm$ 0,02
IE Femme Holli < 40	0,51 $\pm$ 0,02
IE Femme Holli $\geq$ 40	0,33 $\pm$ 0,00
IE Femme Fon < 40	0,61 $\pm$ 0,02

IE Femme Fon $\geq$ 40	0,61 $\pm$ 0,03
IE Femme Mahi < 40	0,38 $\pm$ 0,01
IE Femme Mahi $\geq$ 40	0,44 $\pm$ 0,01
IE Scieurs	0,40 $\pm$ 0,01
IE Commerçant	0,38 $\pm$ 0,01
IE Agriculteurs	0,41 $\pm$ 0,01
IE Charbonniers	0,59 $\pm$ 0,02
IE Autres activités	0,44 $\pm$ 0,01

#### Annexe 4 : Listes des espèces rencontrées et leur valeur d'IVI

Genre et espèce	Famille	Types biologiques	Chorologie	Indice de valeur d'importance (IVI)		
				Sommet	Versant	Bas de pente
<b>Groupe1</b>						
<i>Afzelia africana</i>	Leg.-Caesalpinioideae	mph	S	0,0247	0,02653	0
<i>Albizia zygia</i>	Leg.-Mimosoidae	MaPh	GC	0,01382	0,03544	0
<i>Anogeissus leiocarpa</i>	Combretaceae	mph	S	0	0	0,27584
<i>Bridelia ferruginea</i>	Euphorbiaceae	mph	SG	0,09714	0,01564	0
<i>Combretum colinum</i>	Combretaceae	mph	SG	0,06352	0,03548	0,15816
<i>Combretum glutinosum</i>	Combretaceae	mph	S	0,01378	0,01554	0
<i>Combretum molle</i>	Combretaceae	mph	SZ	0,09033	0,11856	0,02897
<i>Combretum nigricans</i>	Combretaceae	mph	SG	0,04317	0,04982	0,10101
<i>Detarium microcapum</i>	Leg.-Caesalpinioideae	mPh	S	0,01449	0	0
<i>Ficus thonngii</i>	Moraceae	mph	At	0	0,01595	0
<i>Flacourtia flavescens</i>	Flacourtiaceae	mPh	GC	0,01365	0	0
<i>Holarrhena floribunda</i>	Apocynaceae	mPh	SG	0,01391	0	0
<i>Lannea acida</i>	Anacardiaceae	mPh	SG	0,06369	0,12705	0,05475
<i>Lophira lanceolata</i>	Ochnaceae	mph	S	0,10897	0	0,05355
<i>Maranthes polyandra</i>	Chrysobalanaceae	mph	S	0,11282	0,0969	0,11714
<i>Millettia thonningii</i>	Leg.-Papilionoideae	McPh	GC	0,01703	0,01806	0
<i>Pericopsis laxiflora</i>	Leg.-Caesalpinioideae	mPh	S	0,03064	0,03717	0,06246
<i>Piliostigma thonningii</i>	Leg.-Caesalpinioideae	mPh	AA	0,0139	0	0
<i>Prosopis africana</i>	Leg.-Mimosoidae	mPh	S	0,01725	0,09401	0,08501
<i>Pseudocedrella kothshii</i>	Meliaceae	mPh	SZ	0,02893	0	0
<i>Sarcocephalus latifolius</i>	Rubiaceae	nPh	SZ	0,01392	0	0
<i>Strichnos innocua</i>	Loganiaceae	mPh	SZ	0,0136	0	0
<i>Syzygium guineense</i>	Myrtaceae			0,01382	0	0,02593
<i>Vernonia colorata</i>	Asteraceae	mPh	SZ	0,01375	0	0
<i>Vitellaria paradoxa</i>	Sapotaceae	mPh	S	0,04812	0	0,12097
<i>Vitex doniana</i>	Verbenaceae	mPh	GC	0,05639	0,0165	0
<i>Vitex simplicifolia</i>	Verbenaceae	mPh		0	0,01564	0

<i>Ximena americana</i>	Olacaceae	nPh	Pan	0,07377	0,03513	0,20944
<b>Groupe2</b>						
<i>Burkea africana</i>	Leg.-Caesalpinioideae	mPh	SZ	0,14665	0,2433	0,05776
<i>Daniella oliveri</i>	Leg.-Caesalpinioideae	mPh	SZ	0,21423	0,28666	0,17224
<i>Isoberlinia tomentosa</i>				0,31088	0,15922	0,05796
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Leg.-Papilionoideae	mPh	SZ	0,13388	0,35887	0,08551
<b>Groupe 3</b>						
<i>Isoberlenia doka</i>	Leg.-Caesalpinioideae	mPh	SZ	1,17925	1,19852	1,33329

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	3
RESUME.....	4
ABSTRACT .....	5
INTRODUCTION.....	6
1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR <i>ISOBERLINIA</i> SPP.....	9
1.1 Description botanique et systématique du genre <i>Isoberlinia</i> .....	9
1.2 Aires de répartition et écologie.....	10
2. PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE .....	12
2.1 Situation géographique.....	12
2.2 Climat .....	13
2.3 Relief – Sol – Hydrographie (Tiré de PBF II, 2010).....	13
2.4 Végétation et faune (Tiré de Fahala et Guidibi, 2006 ; Gbétie, 2009 ; PBF II, 2010).....	14
2.5. Facteurs humains.....	15
2.5.1 Groupes socio-culturels et religion.....	15
2.5.2 Activités socioéconomiques .....	15
2.5.2.1 Agriculture.....	15
2.5.2.2. Elevage .....	15
2.5.2.3 La chasse et Pêche .....	15
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	16
3.1 Matériel biologique et matériel de terrain .....	16
3.2 Méthodes d'étude .....	16
3.2.1 Caractérisation structurale des populations à <i>Isoberlinia</i> spp. ....	16
3.2.1.1 Échantillonnage et installation des placeaux.....	16
3.2.1.2 Collecte de données.....	17
3.2.2 Distribution spatiale des individus d' <i>Isoberlinia</i> spp. en relation avec la topographie.....	21
3.2.2.1 Installation des placeaux.....	21

3.2.2.2 Collecte de données.....	22
3.2.2.3 Traitement des données .....	22
3.2.3 Capitalisation des connaissances endogènes des exploitants forestiers sur la qualité technologique du bois à <i>Isoberlinia</i> spp. ....	24
3.2.3.1 Echantillonnage et choix des enquêtés .....	24
3.2.3.2 Enquêtes ethnobotaniques .....	24
3.2.3.3 Traitement des données .....	25
4. RESULTATS .....	27
4.1 Composition floristique et caractéristique structurale sous <i>Isoberlinia</i> spp. ....	27
4.1.1 Composition floristique.....	27
4.1.2 Paramètres écologiques et dendrométriques.....	29
4.1.3 Structure en diamètre.....	30
4.1.4 Structure en hauteur.....	32
4.2 Distribution spatiale des individus de <i>I. doka</i> et <i>I. tomentosa</i> suivant la topographie .....	33
4.2.1 Structure spatiale sur le sommet.....	33
4.2.2 Structure spatiale sur le versant.....	34
4.2.3 Structure spatiale en bas de pente.....	36
4.2.4 Caractérisation structural suivant les unités topographiques.....	38
4.3 Connaissance, utilisation et mode de gestion locale.....	39
4.3.1 Connaissance et usage de l'espèce .....	39
4.3.2 Perception locale, qualité du bois et mode de gestion de <i>Isoberlinia</i> spp .....	41
4.3.3 Pression et mode de gestion .....	42
5. DISCUSSION .....	44
5.1 Caractéristiques floristiques et structurales des unités topographiques.....	44
5.2 Caractéristiques structurales des populations de <i>I. doka</i> .....	45
5.3 Caractéristiques structurales des populations de <i>I. tomentosa</i> .....	46
5.4 Représentation de la distribution spatiale.....	47

5.5 Connaissances, perceptions locales et impacts sur <i>Isoberlinia</i> spp. ....	48
CONCLUSION ET SUGGESTIONS .....	50
PERSPECTIVES POUR LA THESE .....	52
BIBLIOGRAPHIE .....	56
LISTE DES TABLEAUX.....	61
LISTE DES FIGURES .....	61
LISTE DES PHOTOS .....	62
ANNEXES .....	63
TABLE DES MATIERES .....	68