

CARACTÉRISATION DE LA RÉPARTITION SPATIALE DES ARBRES DE *PARKIA BIGLOBOSA* (JACQ.) R. BR. AU BÉNIN

Oyélyè Fafunkè Titilayo DOTCHAMOU^{(1)*}, Gilbert ATINDOGBE⁽¹⁾, Akomian Fortuné AZIHOU⁽²⁾, Houédougbé Noël FONTON⁽¹⁾

RESUME

La structure spatiale d'un peuplement forestier est essentielle dans le fonctionnement de ce dernier car elle détermine l'environnement local autour de chacun des arbres le composant.

L'objectif de la présente étude est de contribuer à la modélisation de la répartition spatiale des pieds de *Parkia biglobosa* au Bénin en vue de leur gestion durable. La fonction du second ordre K de Ripley a été utilisée pour analyser les données. Elles sont collectées sur 12 placeaux de 4 ha dans six communes du Bénin et portent sur les individus dont le diamètre à 1,3 m du sol est ≥ 5 cm. Les résultats révèlent une richesse spécifique variant entre 10 et 40. Les indices de diversité de Shannon et l'équitabilité de Pielou varient respectivement entre 2,64 et 4,74 bits et 0,56 et 0,94. La densité varie de 28 à 236 tiges/ha. La structure univariée de *P. biglobosa* et des espèces dominantes présente une répartition agrégative et au niveau bivarié, des répulsions interspécifiques de rayon variant entre 1 m et 13 m. Une répulsion de 1 à 8 m est observée entre les classes de grosseur de *P. biglobosa* et suggère que la proximité des pieds adultes affecte la survie des jeunes plants. Tenant compte des comportements de *P. biglobosa*, on suggérerait un écartement minimum de 1 m entre plantules et 8 m en cas d'enrichissement des parcs agroforestiers.

Mots clés : Modélisation, *Parkia biglobosa*, peuplements forestiers, répulsion interspécifique, structure spatiale.

ABSTRACT

The spatial structure of a forest stand is important in its functioning because the structure determines the local environment around each tree component. This study was conducted to contribute to modeling the distribution of *Parkia biglobosa* for the sustainable management on the species in Benin. The Ripley equation was used to analyze the data. The data were collected from 12 plots of 4 ha each in six townships and involve individuals with a diameter at 1.3 m above ground ≥ 5 cm. The results show a species richness ranging between 10 and 40. The Shannon diversity index and Pielou evenness vary between 2.64 and 4.74 bits and 0.56 and 0.94 respectively. The density varies from 28 to 236 stems / ha. The univariate structure of *P. biglobosa* and dominant species has an aggregative distribution and the bivariate level shows interspecific repulsions of radius varying between 1 m and 13 m. The repulsion of 1 m to 8 m is observed between the size classes of *P. biglobosa* and suggests that the adult proximity affects the survival of young plants. On the basis of the behavior of *P. biglobosa*, the study suggests a minimum distance of 1 m between seedlings and 8 m in case of enrichment parklands.

Keywords: Modeling, *Parkia biglobosa*, forest stand, interspecific repulsions, spatial structure.

⁽¹⁾ Laboratoire d'Étude et de Recherche en Statistique Appliquée et Biométrie. Faculté des Sciences Agronomiques. Université d'Abomey-Calavi. 03 BP 2819. Cotonou (République du Bénin).

⁽²⁾ Laboratoire d'Écologie Appliquée. Faculté des Sciences Agronomiques. Université d'Abomey Calavi. 01 BP 526. Cotonou (République du Bénin).

Auteur correspondant: DOTCHAMOU Oyélyè Fafunkè Titilayo, Laboratoire d'Étude et de Recherche en Statistique Appliquée et Biométrie. Faculté des Sciences Agronomiques. Université d'Abomey-Calavi. 03 BP 2819. Cotonou (République du Bénin).

*Email: adotchamou@yahoo.fr

1. Introduction

Le néré, de nom scientifique *Parkia biglobosa* (Jacq) G. Don, est une espèce des parcs arborés de taille moyenne variant entre 20 et 30 m de haut dont le centre d'origine est l'Amérique du Sud. *Parkia biglobosa* est retrouvé de nos jours dans les parcs agroforestiers des savanes soudaniennes africaines, et est répartie depuis le Sénégal à l'Est jusqu'en Ouganda à l'Ouest (Sina, 2006). C'est une plante importante qui rend d'énormes services (alimentation, médecine et pharmacopée traditionnelle, protection et amélioration des sols, rites et coutumes, etc...) à la population rurale et le plus souvent, comme principale source de revenus et un moyen efficace de lutte contre la pauvreté (Gutierrez, 2000). Parmi les trente-une (31) espèces ligneuses médicinales les plus utilisées dans la médecine traditionnelle locale béninoise, elle occupe la cinquième position (Eyog-Matig *et al.*, 2002). En dépit de leur importance, les parcs à néré sont caractérisés par une

forte présence d'arbres relativement vieux, révélant une faible régénération des peuplements (Koura *et al.*, 2013) et une régression de l'aire de répartition de l'espèce (Gutierrez et Juhé-Beaulaton, 2002). En outre, la non maîtrise des conditions climatiques ces dernières décennies, marquée par des sécheresses récurrentes, rend vulnérable l'espèce et expose les parcs agroforestiers à une dégradation continue. Les pressions d'origines multiples dont notamment la croissance démographique, les pratiques culturelles inadéquates, la surexploitation des terres entraînent la destruction des arbres ou freinent la régénération, faisant peser de lourdes menaces sur le développement des parcs à néré (Sina, 2006). Dans le but de conserver cette espèce, plusieurs travaux ont été réalisés à l'échelle de la sous-région ouest africaine dans des domaines aussi variés que la botanique (Ouédraogo, 1995), la sylviculture (Maïga, 1988 ; Ouédraogo, 1999), l'agroforesterie (Teklehainanot, 2004 ; Bayala *et al.*, 2005), la socio-économie (Hokpin, 1983 ; Guinko *et al.*, 1992), l'ethnobotanique (Koura *et al.*,

2011), l'amélioration génétique (Brown *et al.*, 2000), la reproduction et la régénération (Fuchs *et al.*, 2004), la physiologie ou les propriétés chimiques et biochimiques des produits du néré (Bonnah *et al.*, 1998 ; Glaubitz *et al.*, 2000 ; Omafuvbe *et al.*, 2004). Cependant, ces travaux n'ont pas abordé la caractérisation de la répartition spatiale de cette espèce en vue d'étudier de manière approfondie son environnement local. En effet, la dynamique de chaque individu est fortement influencée par les interactions entre ce dernier et les autres éléments (Begon *et al.*, 1990) au sein d'un écosystème, indiquant ainsi que la structure spatiale joue un rôle clé dans cette dynamique. Elle détermine en particulier l'environnement local autour de chaque arbre et donc ses conditions de croissance (Goreaud, 2000). Cet environnement local modifie l'expression des processus naturels comme la croissance, la mortalité et la régénération du peuplement (Barot *et al.*, 1999). Inversement, ces processus naturels modifient à leur tour la structure spatiale, qui peut aussi être influencée par des actions anthropiques. La présente étude a pour objectif d'analyser la structure spatiale de *P. biglobosa* en zones soudanienne et soudano-guinéenne. Cette étude répondra aux questions suivantes : sachant que la ballochorie est le principal mode de dissémination de l'espèce, sa distribution est-elle agrégative ? En nous basant sur la théorie de Janzen qui stipule que la probabilité qu'un juvénile survive est positivement corrélée à la distance qui le sépare du pied mère (Janzen, 1970), la distribution entre les classes de grosseur d'arbres est-elle répulsive ? De même, en supposant que les espèces dominantes soient différentes en termes d'utilisation des ressources, des mécanismes de dispersion et de germination ou des stratégies de reproduction (Bazzaz, 1990), la distribution de *P. biglobosa* et des autres sous populations d'espèces dominantes est-elle caractérisée par un processus répulsif ?

2. Matériel et méthodes

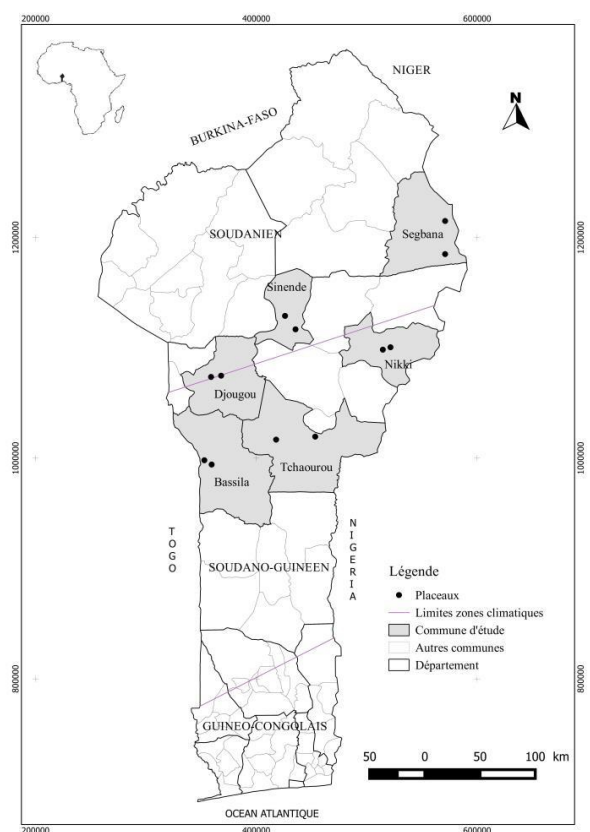
2. 1. Milieu d'étude

A partir des données de l'Inventaire Forestier National du Bénin de 2008, une carte de projection des placettes à l'intérieur desquelles des pieds de *P. biglobosa* sont retrouvés a été réalisée et a permis d'identifier deux principales zones d'occurrence de l'espèce (la zone soudanienne et la zone soudano-guinéenne). Sur cette base, la densité des pieds de *P. biglobosa* mesurée par placette et par commune a été calculée. Les communes présentant les valeurs élevées de ces paramètres calculés ont été choisis. C'est ainsi que les choix ont porté sur les communes de Bassila, Tchaourou, Nikki dans la zone soudano-guinéenne et Ségbana, Sinendé, Djougou dans la zone soudanienne comme commune d'occurrence de l'espèce pour l'étude (Figure 1). Les précipitations sont uni modales dans l'ensemble avec une moyenne annuelle inférieure à 1200 mm. Les sols sont soit ferrugineux, argilo sableux ou latéritiques et de fertilité variable, favorables à l'agriculture. La température moyenne annuelle est de 35

°C. La végétation est soit composée de savanes avec de petits arbres, soit caractérisée par une mosaïque de forêts claires, de forêts denses, de savanes boisées ou arborées et des galeries forestières. Les activités génératrices de revenus menées dans ces communes comprennent l'agriculture, l'élevage, la pêche, la pisciculture, la chasse, la transformation alimentaire et le stockage, le commerce, l'artisanat, le transport et le tourisme. La transformation alimentaire est principalement pratiquée par les femmes individuellement ou en groupes avec des équipements artisanaux. Les principaux produits transformés sont les noix de *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn (transformés en beurre), les graines de *P. biglobosa* (transformées en condiment alimentaire), les graines de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (transformées en boisson alcoolisée), les gousses de *Arachis hypogea* L. (transformées en huile).

2. 2. Données collectées

Dans chacune des communes d'étude (Figure 1), deux placeaux carrés de 200 m x 200 m ont été installés. Ces dimensions sont conformes à celles recommandées par Fonton *et al.* (2011) pour les études d'analyse de la structure spatiale dans les écosystèmes soudanien. Chaque placeau géoréférencé, a été subdivisé en des unités de 25 m x 25 m soit au total 64 unités par placeau. Les mesures effectuées portent sur tous les arbres de diamètre (à 1,3 m au-dessus du niveau du sol) supérieur ou égal à 5 cm car à ce diamètre, l'arbre est déjà exploitable. Les mesures du diamètre (à 1,3 m au-dessus du niveau du sol), de la distance et de l'azimut concernant toutes les espèces confondues de chaque unité ont été prises.



2.3. Caractérisations dendrométrique et écologique

Avant tout, il est important de notifier que les calculs des paramètres se feront par site et non par formation végétale. Car, compte tenu de la taille des placettes plusieurs formations végétales se retrouvent par site.

Sur chaque site les paramètres dendrométriques calculés sont la densité et la surface terrière.

La densité (N), de toutes espèces confondues, est le nombre de tiges de diamètre à hauteur de poitrine ($dbh \geq 5$ cm par unité de surface. Elle est déterminée par la relation:

$$N = \frac{n \times 10000}{S} \quad \text{où } n \text{ est le nombre de pieds dénombrés (dbh} \geq 5 \text{ cm) et } S \text{ la surface en m}^2. \quad (1)$$

La surface terrière (g , en $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) est la somme de la section transversale à 1,30 cm au-dessus du sol de tous les arbres de diamètre supérieur à 5 cm, à l'intérieur du plateau, elle est exprimée par la formule :

$$g = \left(\frac{10000 \pi}{4s} \right) \times \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad \text{Où } g \text{ est la surface terrière, } d_i \text{ est le diamètre à 1,30 m du sol et } s \text{ est la surface de la placette en m}^2. \quad (2)$$

En ce qui concerne la caractérisation écologique, elle a été effectuée au moyen des indices de diversité. Il s'agit de la richesse spécifique (S) et des indices de diversité de Shannon (H) et d'équitabilité de Pielou (EQ). La richesse spécifique (S) est déterminée pour chaque site. Elle exprime le nombre total d'espèces ligneuses de diamètre supérieur ou égal à 5 cm dénombrées sur chaque plateau. L'indice de diversité de Shannon (H en bits) est obtenu par la formule :

$$H = - \sum P_i \log_2 P_i \quad \text{Où } P_i \text{ varie de 1 à la richesse spécifique } S, \text{ avec } P_i = n_i / \sum n_i \quad (3)$$

où n_i désigne le nombre d'individus d'une espèce i et $\sum n_i$, le nombre total d'individus sur le plateau.

L'indice d'équitabilité de Pielou (EQ) est donné par la relation :

$$EQ = \frac{H}{\log_2 S} \quad \text{où } \log_2 S \text{ désigne la diversité maximale.} \quad (4)$$

En dehors de ces paramètres, les trois espèces dominantes de chacun des douze sites ont été déterminées à travers le calcul de l'Indice de Valeur d'Importance (IVI) des espèces. Elle est obtenue par la formule :

$IVI = \text{Densité relative} + \text{Fréquence relative} + \text{Surface terrière relative}$

- Dominance relative = (Surface terrière totale de l'espèce/Surface terrière de toutes les espèces) X 100
- Densité relative = (Nombre d'individu de l'espèce par ha/ Nombre total d'individus par ha) X 100
- Fréquence relative = (Fréquence d'une espèce/ Sommes des fréquences des espèces) X 100

Par site, les trois premières espèces ayant les valeurs d'IVI les plus élevées ont été sélectionnées.

2. 4. Méthodes d'analyse de la structure spatiale

- Répartition spatiale des arbres de *P. biglobosa* et des espèces voisines

La technique d'analyse utilisée dans le cadre de ce travail est la fonction $K(r)$ de Ripley (1997), qui est une analyse au voisinage de second ordre (Collinet, 1997 ; Zobi, 1997 ; Goreaud, 2000 ; Atindogbe, 2004). Cette technique permet d'analyser la structure spatiale à différents intervalles de distance et de détecter des processus mixtes (par exemple, association à de faibles distances et répulsion à de grandes distances) (Fajardo *et al.*, 2006). Elle est définie comme le rapport de l'espérance mathématique du nombre de points (arbres) situés à une distance inférieure à r d'un point arbitraire, sur la densité de l'espèce. Pour estimer cette fonction, on utilise l'estimateur usuel de l'espérance : la moyenne.

$$K(r) = \frac{A \times \sum_i^N = \sum_{j=1}^N n_{ij}}{N^2} \quad (5)$$

avec r , la distance en mètre ; A , la surface de la zone d'étude en m^2 ; N , le nombre total des arbres et $n_{ij} = 1$ si la distance entre i et j est inférieure à r , sinon $n_{ij} = 0$.

En effet, dans l'approche, les arbres sont représentés par des points indiquant dans l'espace analysé, la projection au sol du centre de leur tronc. La méthode présente l'avantage d'exprimer la répartition spatiale selon différentes échelles. Pour des raisons d'interprétation, nous avons utilisé selon Collinet (1997), un estimateur linéarisé de $K(r)$ introduit par Besag (1977). Cette forme modifiée de $K(r)$ est :

$$L(r) = \sqrt{\frac{K(r)}{\pi}} \quad (6)$$

Pour une distribution quelconque, la valeur de $L(r)$ donne une indication de la forme de semis de point à l'échelle du rayon r . Selon Collinet (1997), Zobi (1997), dans le cas d'une distribution aléatoire ou poissonnienne (indépendance complète entre les points) de la population,

$K(r) = \pi r^2$ soit $L(r) - r = 0$. Si la distribution est régulière, c'est-à-dire les points sont mis à distance les uns des autres,

$K(r) \leq \pi r^2$ et $L(r) - r \leq 0$.

Dans le cas d'une distribution agrégative,

$K(r) \geq \pi r^2$ et $L(r) - r \geq 0$.

Pour la réalisation des graphes univariés, les informations considérées ont pris en compte seulement les dimensions de représentativité de l'espèce sur le plateau.

- Calcul des intertypes

Pour l'analyse de la répartition spatiale des classes de grosseur, trois classes de grosseur sont retenues, à savoir : les petits arbres de diamètre supérieur ou égal à 5 cm et inférieur à 10 cm, les arbres moyens de diamètre supérieur ou égal à 10 cm et inférieur à 35 cm et les gros arbres de diamètre supérieur ou égal à 35 cm. Les limites de 5 cm et 35 cm correspondent respectivement au diamètre des nouveaux recrûs et au diamètre minimum d'exploitabilité dans le

cadre des travaux antérieurs pour d'autres espèces. Pour étudier les interactions entre espèces, l'analyse a porté sur trois espèces dominantes identifiées par site en plus de *P. biglobosa*.

Le test de l'hypothèse nulle d'indépendance de la distribution entre classes de grosseur d'arbres, d'une part, et entre groupes d'espèces, d'autre part, est réalisé avec l'estimateur de l'intertype $K_{12}(r)$ de Ripley dont la fonction modifiée est $L_{12}(r)$ (Diggle, 1983). Elle s'écrit :

$$L_{12}(r) = \sqrt{\frac{k_{12}(r)}{\pi}} - r \quad (7)$$

La fonction $L_{12}(r)$ quantifie le degré et le type d'association spatiale entre les classes de grosseur et entre les groupes d'espèces. L'analyse des relations entre deux types de points est réalisée par la méthode de l'intertype de Diggle (1983). Cette méthode est similaire à la méthode de Ripley précédemment présentée. Lorsque la valeur de $L_{12}(r)$ est différente de zéro à une distance r , l'hypothèse d'indépendance des classes ou groupes d'espèces (appelées marques) est rejetée. Comme précédemment, la signification statistique de cette différence est testée par simulations de Monte Carlo. Chaque simulation consiste à attribuer de façon aléatoire de nouvelles coordonnées aux points d'une marque tout en laissant inchangés ceux de l'autre marque (Goreaud *et al.*, 2003). On parlera respectivement d'attraction ou de répulsion entre deux marques lorsque $L_{12}(r)$ est au-dessus ou en dessous de l'intervalle de confiance.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques floristiques et dendrométriques des peuplements étudiés

Les caractéristiques floristiques et dendrométriques des douze sites étudiés sont présentées dans le tableau I. La richesse spécifique varie entre 10 et 40. Les sites 2, 9 et 11 présentent les valeurs les plus élevées de la richesse spécifique tandis que la valeur la plus faible est observée au niveau du site 3. Elle est identique pour les sites 5, 7 et 8. En effet, l'indice de Shannon varie entre 2,64 et 4,74 bits, l'équité de Pielou varie entre 0,56 et 0,94 et l'indice de Simpson varie entre 0,68 et 0,95.

Tableau I : Caractéristiques floristiques et dendrométriques des sites étudiés

Sites	Caractéristiques floristiques			Caractéristiques dendrométriques		
	Richesse spécifique	Indice de Shannon (bits)	Équité de Pielou	Indice de Simpson	Densité (tiges/ha)	Surface terrière (m²/ha)
Site 1	23	2,64	0,58	0,70	89	3,31
Site 2	35	2,90	0,56	0,68	138,5	4,53
Site 3	10	2,71	0,81	0,81	31,25	2,75
Site 4	13	3,08	0,83	0,85	28,75	3,75
Site 5	20	3,69	0,85	0,89	124	2,84
Site 6	25	3,85	0,83	0,90	88,5	5,27
Site 7	20	3,00	0,69	0,80	50,25	2,81
Site 8	20	2,75	0,63	0,76	53	4,04
Site 9	40	4,24	0,79	0,92	188,5	3,84
Site 10	29	3,68	0,75	0,89	92	3,30
Site 11	36	3,52	0,68	0,86	92,25	5,11
Site 12	32	4,74	0,94	0,95	236,5	10,12

En ce qui concerne les caractéristiques dendrométriques, la densité moyenne est de 102 tiges à l'hectare. Le site 12 se caractérise par le nombre le plus élevé de tiges à l'hectare, soit 236 tiges, tandis que le site 4 présente une densité plus faible, avec 28 tiges à l'hectare (Tableau I). Le site 12 présente la plus grande surface terrière (10,12 m².ha⁻¹), tandis que la plus petite valeur a été observée au niveau du site 3 (2,75 m².ha⁻¹).

Suivant les valeurs élevées de l'IVI, les trois espèces dominantes en dehors de celle sur laquelle porte l'étude (*Parkia biglobosa*), sont pour le site 1 *Anacardium occidentale*, *Vitellaria paradoxa* et *Tectona grandis* ; pour le site 2 *Vitellaria paradoxa*, *Anacardium occidentale* et *Daniellia oliveri* ; pour le site 3 *Vitellaria paradoxa*, *Tectona grandis* et *Vitex doniana* ; pour le site 4 *Vitellaria paradoxa*, *Manguifera indica* et *Vitex doniana* ; pour le site 5 *Vitellaria paradoxa*, *Piliostigma thonningii*, et *Anogéissus leiocarpa* ; pour le site 6 *Vitellaria paradoxa*, *Piliostigma thonningii* et *Burkea africana* ; pour le site 7 *Vitellaria paradoxa*, *Anacardium occidentale* et *Daniellia oliveri* ; pour le site 8 *Vitellaria paradoxa*, *Anacardium occidentale* et *Daniellia oliveri* ; pour le site 9 *Vitellaria paradoxa*, *Daniellia oliveri* et *Burkea africana* ; pour le site 10 *Vitellaria paradoxa*, *Parinari curatelifolia* et *Terminalia avicenoides* ; pour le site 11 *Piliostigma thonningii*, *Vitellaria paradoxa* et *Daniellia oliveri* et enfin pour le site 12 *Daniellia oliveri*, *Vitellaria paradoxa* et *Isoberlinia Doka*.

Sur l'ensemble des sites, on remarque une densité faible des espèces forestières, ceci est due à la formation végétale (champs, jachères, savanes arbustive ou herbeuse) à l'exception du site 12 où la densité est relativement élevée car se situe dans une savane boisée.

3.2. Structurations intraspécifiques de *Parkia biglobosa* et des espèces dominantes

Dans la plupart des sites d'étude, les courbes $L(r) - r$ de *P. biglobosa* et de la majorité des espèces dominantes, tendent à se confondre à la limite supérieure de l'intervalle de confiance ou restent au-dessus de la limite supérieure de l'intervalle de confiance. Elles témoignent de l'homogénéité de ces espèces et de leurs répartitions agrégatives. Les figures 2, 3 et 4 montrent la structuration au niveau de quelques sites.

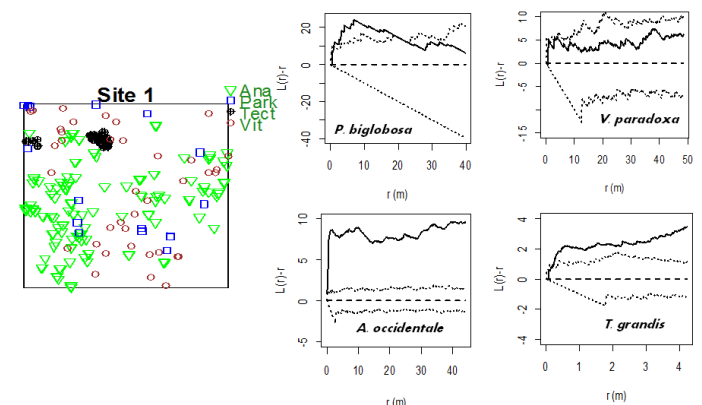


Figure 2: La carte de répartition spatiale et les courbes $L(r) - r$ (ligne en trait plein) des arbres de quelques sites d'étude et leurs intervalles de confiance correspondants (ligne en pointillé) Ana = *Anacardium occidentale* ; Park = *Parkia biglobosa* ; Tect = *Tectona grandis* ; Vit = *Vitellaria paradoxa*.

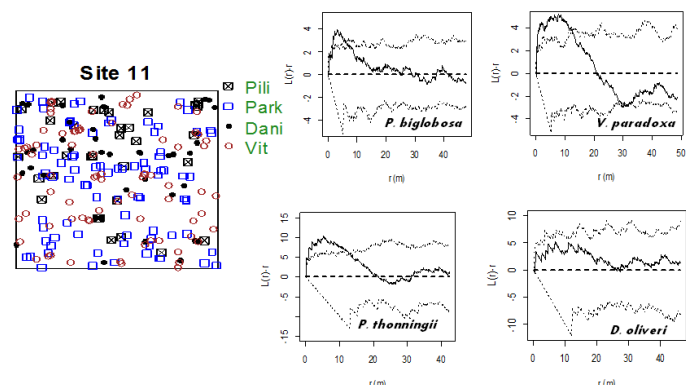


Figure 3 : La carte de répartition spatiale et les courbes $L(r) - r$ (ligne en trait plein) des arbres de quelques sites d'étude et leurs intervalles de confiance correspondants (ligne en pointillé). Burk = *Burkea africana* ; Park = *Parkia biglobosa* ; Pili = *Piliostigma thonningii* ; Vit = *Vitellaria paradoxa*.

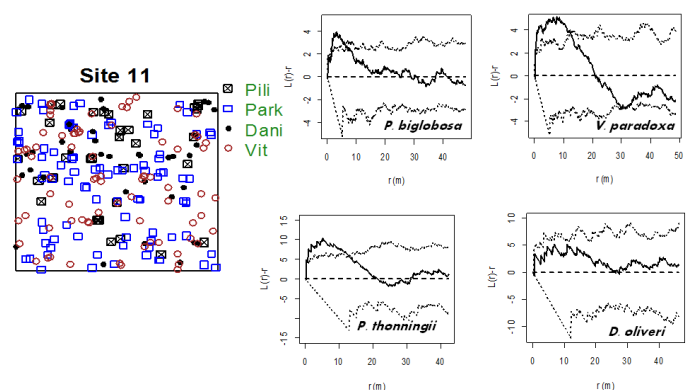


Figure 4 : La carte de répartition spatiale et les courbes $L(r) - r$ (ligne en trait plein) des arbres de quelques sites d'étude et leurs intervalles de confiance correspondants (ligne en pointillé). Pili = *Piliostigma thonningii* ; Park = *Parkia biglobosa* ; Dani = *Daniellia olveri* ; Vit = *Vitellaria paradoxa*.

Le tableau II présente le récapitulatif de la structuration intraspécifique de *P. biglobosa* et des espèces dominantes des douze sites d'étude. Ce dernier montre de façon globale que *Parkia biglobosa* et chacune des trois espèces dominantes par site ont une distribution agrégative. L'agrégation varie entre 3 m et 28 m et au-delà de ces rayons, la distribution est aléatoire. Cependant, on remarque une répartition complètement aléatoire pour *V. paradoxa* sur les sites 2 et 12 ; *D. oliveri* sur le site 11 et *A. leiocarpa* sur le site 12.

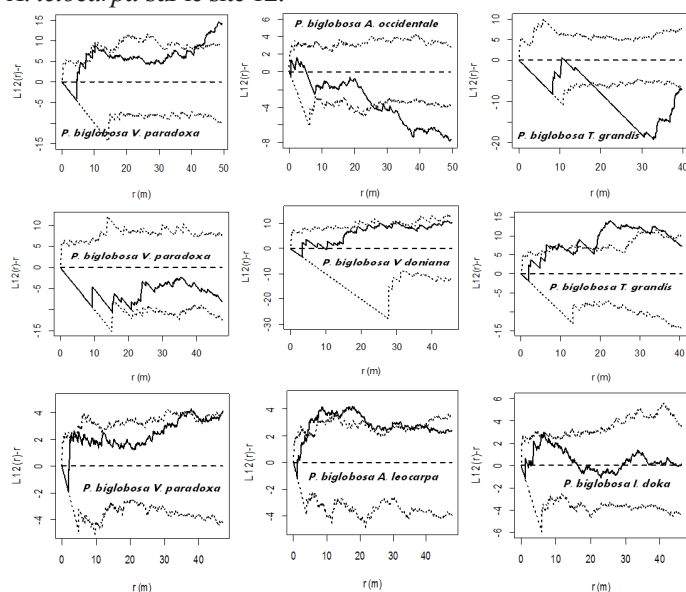


Figure 5 : Structure spatiale des espèces de valeur prises deux à deux sur quelques sites d'étude : Courbes $L_{ij}(r) - r$ (ligne en trait plein) et les limites de confiance (ligne en pointillé) en fonction de la distance r .

Tableau II : Mode de distribution de *P. biglobosa* et des espèces dominantes des douze sites

Espèces	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7	Site8	Site9	Site10	Site11	Site12
<i>P. biglobosa</i>	Agrégé à 20 m	Agrégé à 10 m	Agrégé à 4 m	Aléatoire	Agrégé à 13 m	Agrégé à 1 m	Aléatoire	Agrégé à 4 m	Agrégé à 8 m	Agrégé à 7 m	Agrégé à 8 m	Agrégé à 5 m
<i>V. paradoxa</i>	Agrégé à 5 m	Aléatoire	Agrégé à 12 m	Agrégé à 5 m	Agrégé à 12 m	Agrégé à 1 m	Agrégé à 1 m	Agrégé à 1 m	Agrégé à 9 m	Agrégé à 28 m	Agrégé à 14 m	Aléatoire
<i>A. occidentale</i>	Agrégé à 1 m	Agrégé à 1 m	-	-	-	-	Agrégé à 1 m	Agrégé à 1 m	-	-	-	-
<i>T. grandis</i>	Agrégé à 1 m	-	Agrégé à 1 m	Agrégé à 7,5 m	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>V. doniana</i>	-	-	Agrégé à 3 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. oliveri</i>	-	-	-	Agrégé à 3 m	-	-	Agrégé à 10 m	Agrégé à 2 m	Agrégé à 1 m	Agrégé à 1 m	Aléatoire	-
<i>B. indica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. africana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	Agrégé à 1 m	-	-	-
<i>P. thonningii</i>	-	-	-	-	Agrégé à 18 m	-	-	-	-	-	Agrégé à 12 m	-
<i>A. leiocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Agrégé à 12 m
<i>B. ferruginea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Aléatoire
<i>P. curatello</i>	-	-	-	-	-	Agrégé à 1 m	-	-	-	-	-	-
<i>I. doka</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Agrégé à 15 m	-	Agrégé à 5 m

3.3. Structurations interspécifiques entre *P. biglobosa* et des espèces dominantes

Les paramètres de distribution entre *P. biglobosa* et les espèces dominantes sont étudiés par le biais de l'inter-type. Sur les différents sites d'étude, *P. biglobosa* et les espèces dominantes entretiennent des relations de mise à distance. La répulsion observée entre l'espèce *P. biglobosa*, et chacune des espèces dominantes telle que *V. paradoxa*, *T. grandis*, *V. doniana*, *A. leiocarpa*, *A. occidentale* et *I. doka* est de l'ordre de 1 à 10 m. On observe une particularité d'une répulsion de l'ordre de 25 m de portée sur le site 1 entre *P. biglobosa* et *A. occidentale*, ceci peut s'expliquer par la présence d'une plantation de *A. occidentale*. (Figure 5). Cependant on remarque sur le site 11 une attraction

Tableau III : Mode de distribution de *Parkia biglobosa* et des espèces dominantes prises deux à deux sur les douze sites d'étude (R = répulsion et A = attraction)

Espèces	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7	Site8	Site9	Site10	Site11	Site12
<i>Parkia-Vitellaria</i>	R à 5 m	R à 3 m	R à 10 m	R à 5 m	R à 1 m	R à 1 m	A	R à 13 m	R à 1 m	R à 1 m	R à 2 m	R à 3 m
<i>Parkia-Anacardium</i>	R à 25 m	R à 2 m	-	-	-	-	R à 3 m	R à 10 m	-	-	-	-
<i>Parkia-Tectona</i>	R à 8 m	-	R à 2 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parkia-Daniellia</i>	-	R à 3 m	-	-	-	-	R à 1 m	R à 8 m	R à 1 m	R à 3 m	A à 1 m	-
<i>Parkia-Vitex</i>	-	-	R à 3 m	R à 2 m	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parkia-Manguifera</i>	-	-	-	R à 2 m	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parkia-Piliostigma</i>	-	-	-	-	R à 1 m	-	-	-	-	-	A à 3 m	-
<i>Parkia-Burkea</i>	-	-	-	-	R à 1 m	R à 3 m	-	-	R à 1 m	-	-	-
<i>Parkia-Bridelia</i>	-	-	-	-	-	R à 5 m	-	-	-	-	-	-
<i>Parkia-Parinari</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R à 3 m	-	-
<i>Parkia-Anogeissus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R à 2 m
<i>Parkia-Isobertina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R à 2 m

de 1 m de portée entre *P. biglobosa* et *D. oliveri* puis de 3 m avec *P. thonningii* (voir tableau 3 pour mode de répartition complète).

3.4. Structurations interclasses de grosseur

L'analyse des figures montre une distribution répulsive de portée variant entre 1 m et 8 m quelques soit le site entre les gros arbres et les petits arbres et au-delà de ces rayons, la distribution est aléatoire (Figure 6a).

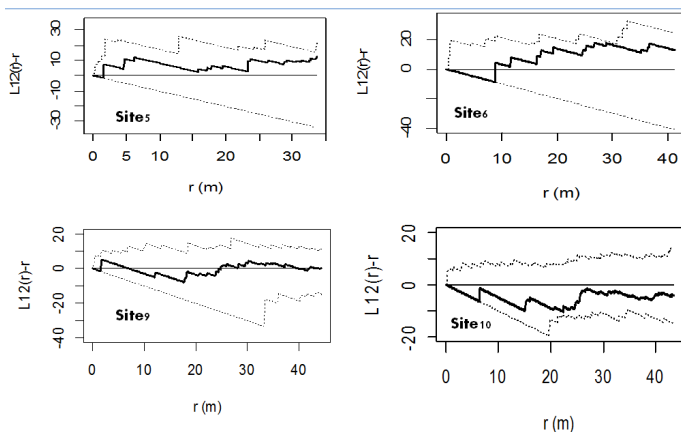


Figure 6a : Structure spatiale des grands arbres par rapport aux petits arbres par site : courbes $L_{12}(r) - r$ (ligne en trait plein) et limites de confiance (ligne en pointillé) en fonction de la distance r

Il en est de même entre les arbres moyens et les petits arbres, où les courbes $L_{12}(r) - r$ coupent de façon globale, la limite inférieure de l'intervalle de confiance dans un rayon variant entre 1 m et 5 m. Il y a donc une répulsion de portée 1 m jusqu'à 5 m entre les arbres moyens et les petits arbres, mais présentent au-delà de ces distances, une distribution aléatoire (Figure 6b). Quant à la distribution des grands arbres par rapport aux arbres moyens, les courbes $L_{12}(r) - r$ coupent la

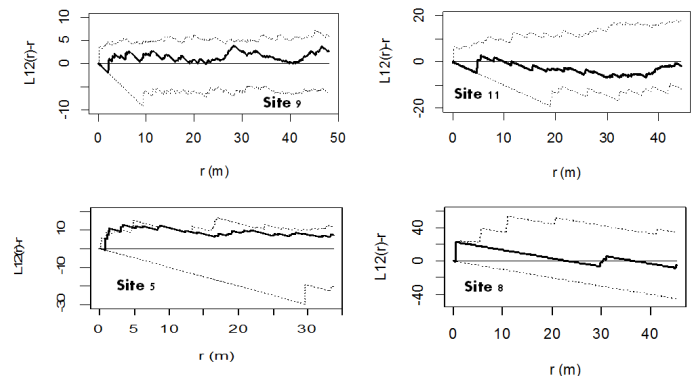


Figure 6b : Structure spatiale des arbres moyens par rapport aux petits arbres par site : courbes $L_{12}(r) - r$ (ligne en trait plein) et limites de confiance (ligne en pointillé) en fonction de la distance r

limite inférieure de l'intervalle de confiance quelques soit le site à des rayons variant entre 1 m et 8 m mais présentent au-delà de ces distances, une distribution aléatoire. Il y a donc une répulsion entre les grands arbres et les arbres moyens (Figure 6c).

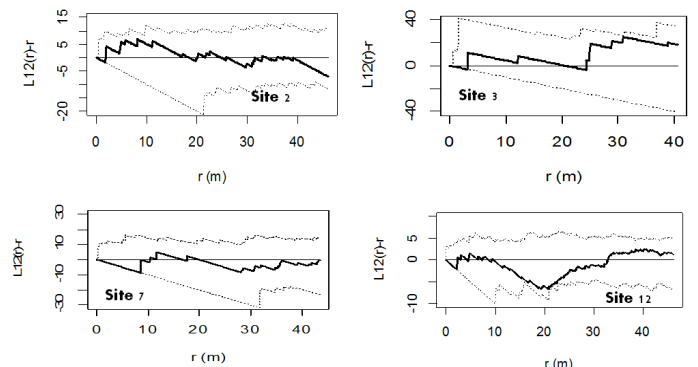


Figure 6c : Structure spatiale des grands arbres par rapport aux arbres moyens par site : courbes $L_{12}(r) - r$ (ligne en trait plein) et limites de confiance (ligne en pointillé) en fonction de la distance r .

4. Discussion

Les douze sites d'étude présentent une richesse spécifique comprise entre 10 et 40 espèces. Les valeurs obtenues pour les indices usuels caractéristiques de ces écosystèmes sont élevées. En effet, l'indice de Shannon varie de 2,64 à 4,74 bits. Les valeurs élevées de l'indice de Shannon montrent que toutes les espèces sont bien représentées et celles faibles suggèrent une prédominance d'un petit nombre d'espèces par rapport aux autres (Shannon *et al.*, 1949). Cela peut être lié au fait que certaines espèces observées sur les sites à valeur d'indice de Shannon faibles évoluent en peuplement et non en individus isolés. L'équitabilité de Piéluou varie de 0 à 1. En effet, elle tend vers zéro lorsqu'une espèce domine largement le peuplement et elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Ainsi les valeurs élevées d'équitabilité de Piéluou obtenues (0,56 à 0,94) montrent une faible variation en terme d'abondance au niveau de toutes les espèces, ce qui témoigne d'une répartition relativement bonne des effectifs entre les espèces au sein des 12 sites (Piéluou, 1969) et stipule donc l'équilibre entre les espèces (Masharabu *et al.*, 2010). Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Masharabu *et al.* (2010) puis Dourma *et al.* (2012) qui ont respectivement trouvé l'indice de Shannon variant entre 3,16 et 4,81 bits et l'indice d'équitabilité de Piéluou variant entre 0,62 et 0,96 dans le Parc National de Ruvubu au Burundi puis $H = 3,51$ bits comme valeur moyenne d'indice de Shannon et 0,59 pour l'équitabilité de Piéluou au Togo. De même Ouedraogo *et al.* (2008) ont trouvé dans un groupement anthropique à *Parkia biglobosa* et *Piliostigma reticulatum* comme valeur moyenne d'indice de Shannon $H = 2,44$ dans le parc national d'Arly à l'Est du Burkina Faso. Les densités de ces formations varient entre 28 et 236 tiges à l'hectare avec une valeur moyenne de 102 tiges à l'hectare. Ces valeurs sont un peu élevées sur certains sites par rapport à celles obtenues par Koura *et al.* (2011) avec 39 à 70 tiges à l'hectare dans les zones agro forestières de la Donga. Les surfaces terrières sont relativement faibles et varient entre 2,75 et 5,27 m²/ha sauf sur le site 12 où la surface terrière est un peu élevée (10,12 m²/ha). Ceci peut s'expliquer par son type de formation végétale (savane boisée). Ces résultats sont proches de ceux obtenus dans les écosystèmes en milieu soudanais par Fonton *et al.* (2004) ; Sokpon *et al.* (2006) ; Fonton *et al.* (2012) et dans les zones agro forestières de la Donga par Koura *et al.* (2011).

En ce qui concerne la structure spatiale, *P. biglobosa* et la majorité des espèces dominantes se caractérisent par une répartition agrégative. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Fonton *et al.* (2012) qui ont observé que les espèces telles que *V. paradoxa*, *M. kertingii*, *B. africana* et *Isobertinia* spp. présentent en général une distribution agrégative. De même, Djossa *et al.* (2008) ont observé une distribution agrégative pour *V. paradoxa* dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Bénin. Fandohan *et al.* (2008) ont aussi observé une distribution en agrégats de petites tailles (bouquets) régulièrement répartis pour *B. africana*

dans le complexe forestier de Wari-Marou. La distribution agrégative de *P. biglobosa* confirme l'hypothèse 1 qui stipule que le principal mode de dissémination de l'espèce étant la ballochorie, sa distribution serait agrégative. En effet, *P. biglobosa* étant une espèce ballochore, qui présente des diaspores expulsées par la plante elle-même, après la déhiscence, les fruits (gousses) sont directement libérés aux pieds des semenciers. La distribution agrégative observée pour la plupart des espèces serait due, selon Collinet (1997), au mode de dissémination des espèces. *V. paradoxa*, *B. africana* et *P. curatelifolia* sont des plantes sarcochores dont les diaspores sont totalement ou partiellement charnues. On assiste donc à une forte concentration des semences aux pieds des sujets adultes et, par conséquent, à un nombre important de plants de ces espèces. De même, la distribution agrégative observée chez *D. oliveri* et *P. thonningii* se justifie par leur mode de dissémination qui est la ballochorie et aussi du fait que ce sont des espèces issues des régénérations naturelles. La distribution agrégative observée pour *A. occidentale*, *T. grandis* est due à leur mode de distribution (plante anémophile), ou que nous sommes soit en présence des plantations d'anarcadium et de tectona qui n'ont suivi aucune norme de plantation.

Les interactions observées aussi bien au niveau des classes de diamètre de *P. biglobosa* qu'au niveau des espèces dominantes seraient dues à la morphologie de l'arbre (arbre à grand diamètre avec un grand houppier). Elle conduit à une dépendance entre les sous-populations formées par *P. biglobosa* et les espèces dominantes avec des répulsions de taille variant entre 1 m et 10 m puis une attraction de l'ordre de 3 m. Cette morphologie entraîne une dépendance entre les classes de grosseur avec une répulsion de 1 m à 8 m de rayon. Globalement, ces observations confirment l'hypothèse (2) et (3) qui suggère que la distribution entre les classes de diamètres d'arbre de *P. biglobosa* est caractérisée par un processus répulsif et que la distribution de *P. biglobosa* et des espèces dominantes aussi sont caractérisées par un processus répulsif. A travers les informations réunies au cours de ce travail, les décideurs de notre pays, et le personnel des eaux et forêts peuvent prendre des dispositions concrètes et ingénieuses dans le processus de plantation de jeunes plants de *Parkia biglobosa*.

Conclusion

Les résultats de cette étude révèlent, d'une façon générale, une répartition spatiale agrégative chez *P. biglobosa* et les espèces voisines. Ces espèces prises deux à deux se caractérisent par une répartition répulsive de rayon variant entre 1 m et 10 m ; L'espèce *P. biglobosa* a besoin d'une certaine distance avec les espèces voisines pour un meilleur développement. La répulsion notée entre les trois classes de grosseur de *P. biglobosa* pourrait indiquer l'absence de relation allélopathique entre les adultes, les moyens et les juvéniles et suggère que des régénérations assistées pourraient être effectuées avec un écartement de 8 m des pieds adultes pour éviter que cela affecte la survie des jeunes plants. Toutefois, bien que résultant des

différents processus analysés, les espacements suggérés ne sont peut-être pas optimaux du point de vue du taux de mortalité au jeune âge et de la croissance des espèces concernées. Ceci pourrait participer à lutter contre la disparition de l'espèce qui déjà est constituée de vieilles populations et à sa conservation durable. Les résultats de ce travail, vont permettre aux décideurs de notre pays, et au personnel des eaux et forêts de savoir les dispositions à prendre dans le processus de plantation de jeunes plants de *Parkia biglobosa*.

Remerciements

Les auteurs remercient le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS) du Bénin, pour l'appui financier dont a bénéficié Titilayo F. DOTCHAMOU dans le cadre de sa Thèse. Ils remercient également tous les lecteurs qui ont contribué à l'amélioration de la qualité scientifique du manuscrit.

Références bibliographiques

- Adjakpa, J., Yedomonhan, H., Ahoton, L.E., Weesie, P.D.M., Akpo, L.E. 2013. Structure et diversité floristique des îlots de forêts riveraines communautaires de la Basse vallée de la Sô au Sud-Est du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 65:4902-4913.
- Atindogbe, 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.
- Bayala, J., Mando, A., Teklehaimanot, Z., Ouédraogo, S.J. 2005. Managing *Parkia biglobosa* and *Vitellaria paradoxa* prunings for crop production and improved soil properties in the sub-sudanian zone of Burkina Faso. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 533-539.
- Bazzaz, F.A. 1990. Successional environments: plant-plant interactions. In: Grace J.B. et Tilman D., eds. *Perspectives on plant competition*. New York, USA: American Press Inc., 239-263.
- Besag, J. 1977. Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. *Journal of the royal statistical Society*, B 39: 193-195.
- Bonnah, B., Akikokou, K.A., Akpagana, K., Gbeassor, M. 1998. Contribution à l'étude des propriétés pharmacologiques des extraits hydro-alcooliques des graines de *Parkia biglobosa*, *Sciences & Médecine*, Revue CAMES, n° 00 pp 12-15.
- Brown, A.H.D. 1989. Genetic characterization of plant mating systems. In: Brown AHD, Clegg MT et Weir BS (eds) *Plant population genetics, breeding, and genetic resources*. Sinauer Associates Inc., pp 145-162.
- Brown, A.H D., Hardner, C.M. 2000. Sampling the gene pools of forest trees for ex situ conservation. In: Young A. Boshier D. Boyle T. (eds) *Forest Conservation Genetics: Principles and Practice*. CSRO Publishing, CABI Publishing, pp 185-196.
- César, J. 1992. La production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Thèse d'État : Institut d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, CIRAD (France).
- 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.
- Djossa, B.A., Fahr, J., Wiegand, T., Ayihouénou, B.E., Kalko, E.K.V., Sinsin, B.A. 2008. Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. stand structure and distribution patterns: a comparison of the Biosphere Reserve of Pendjari and farmed lands in Atacora district in Benin. *Agroforest. Syst.* 72:205-220.
- Dourma, M., Wala, K., Guelly, K., Bellefontaine, R., Deleporte, P., Akpavi, S., Batawila, K., Akpagana, K. 2012. Typologie, caractéristiques structurales et dynamique des faciès forestiers fragiles à *Isobrerlinia* spp. en vue de leur gestion au Togo. *Bois et Forêts des Tropiques* 2012:313 (3)
- Eyog-Matig, O., Gaoué O.G., Dossou B. 2002. Réseau « Espèces ligneuses alimentaires ». Compte rendu de la première réunion du réseau tenue les 11-13 décembre 2000 au CNSF Ouagadougou, Burkina Faso. Institut Internationale des Ressources phytogénétiques, 235 p.
- Fajardo, A., Goodburn, J.M., Graham, J. 2006. Spatial patterns of regeneration in managed uneven-aged ponderosa pine/Douglas-fir forests of Western Montana, USA. *For. Ecol. Manage.*, 223(1-3), 255-266.
- Fandohan, B., Glèlè, K.R., Sinsin, B., Pelz, D. 2008. Caractérisation dendrométrique et spatiale de trois essences ligneuses médicinales dans la forêt classée de Wari-Marou au Bénin. *Rev. Ivoirienne Sci. Technol.*, 12, 173-186.
- Fonton, N.H., Atindogbe, G., Hounkonnou, N.M., Dohou O.R. 2011. Plot size for modelling the spatial structure of Sudanian woodland trees. *Ann. For. Sci.*, 68(8), 1315-1321.
- Fonton, N.H., Atindogbe, G., Fandohan, B., Lejeune, P., Ligot, G. 2012. Structure spatiale des arbres des savanes boisées et forêts claires soudanaises : implication pour les enrichissements forestiers. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2012 16(4), 429-440
- Fuchs, E. Lobo, J.A. Quesada, M. 2004. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. *Conservation Biology* 17: 149-157.
- Gignoux, J. 1994. *Modélisation de la coexistence herbes/arbres en savane*. Thèse de doctorat: Université de Paris 6 (France).
- Glaubitz, J.C. et Moran, G.F. 2000. Genetic tools: use of biochemical and molecular markers. In: Young A., Boshier D., Boyle T. (eds) *Forest Conservation Genetics: Principles and Practice*. CSRO Publishing, CABI Publishing, pp 39-62.
- Goreaud, F. 2000. Apport de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et à la modélisation des peuplements complexes. Thèse de Doctorat de l'ENGREF. 364 p.
- Goreaud, F., Péliissier, R. 2003. Avoiding misinterpretation of biotic interactions with the intertype K12-function: population independence vs. random labelling hypotheses. *J. Veg. Sci.*, 14(5), 681-692.
- Guinko, S. et Pasgo, L.J. 1992. Récolte et commercialisation

- des produits non ligneux des essences forestières locales dans le département de Zitenga, au Burkina Faso. *Unasylya* 43: 16-19.
- Gutierrez, M.L. 2000. Production et commercialisation de l'afitin fon dans la région d'Abomey-Bohicon au Bénin. CERNA, CNEARC, CIRAD : Etudes et Travaux n° 19, 114 p. + annexes.
- Gutierrez, M.L. et Juhé-Beaulaton, D. 2002. Histoire du parc à Néré sur le plateau d'Abomey Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 220, 453-474.
- Hopkins, H.C. 1983. The taxonomy, reproductive biology and economic potential of *Parkia* (Leguminosae: Mimosoideae) in Africa and Madagascar. *Botanical Journal of the Linnean Society* 87: 135-167.
- Janzen D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *Am. Nat.*, 104 : 501-528.
- Koura, K. 2003. Contribution à l'étude ethnobotanique du néré dans les départements de l'Atacora et de la Donga : Aspect socioculturel. Mémoire de DESS en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles option Science et Techniques Forestières, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, 94p.
- Koura, K., Ganglo C.J., Assogbadjo, A.E., Agbangla, C. 2011. Ethnic differences in use values and use patterns of *Parkia biglobosa* in Northern Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2011: 7:42ga, A.
1988. Contribution à la prospection et à la sélection des peuplements naturels de *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, Université de Ouagadougou, 85p.
- Masharabu, T., Noret, N., Lejoly, J., Bigendako, M.J., Bogaert, J. 2010. Etude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *Geo-Eco-Trop.*, 2010, 34 : 29 - 44
- Ouédraogo, A.S. 1995. *Parkia biglobosa* (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest: Biosystématique et Amélioration. These doctorat Wageningen University, Institute for Forestry and Nature Research, IBN-DLO. 205p.
- Ouédraogo, A.S. 1999. Conservation des ressources génétiques forestières. In: Ouédraogo A. S. et Boffa J. M. (eds) Vers une approche régionale des ressources génétiques en Afrique Sub-Saharienne. Actes du premier atelier régional de formation sur la conservation et l'utilisation durable des Ressources Génétiques Forestières en Afrique de l'Ouest, Afrique Centrale et Madagascar, mars 1998, Ouagadougou. CNSF/IPGRI, pp 23-29.
- Ouedraogo, O., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K., Guinko, S. 2008. Diversité et structure des groupements ligneux du parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora et Vegetation Sudano-Sambesica* 11, 5-16
- Piélou, E.C. 1969. An introduction to mathematical ecology. New York, USA: Wiley.
- Ripley, B.D. 1977. Modeling spatial patterns. *Journal of the royal statistical Society*, B 39: 172-212.
- Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, IL, USA: University of Illinois Press.
- Sina, S. 2006. Reproduction et diversité génétique chez *Parkia biglobosa* (Jacq.) G. Don. PhD thesis Wageningen University, 102 p.
- Sokpon, N., Biaou, S., 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 For. Trop.*, 287, 45-57.
- Zobi, C.I. 1997. Analyse des répartitions spatiales d'individus ligneux de la réserve biologique intégrale de Tillaie (France) et de la réserve de faune du Dja (Cameroun). Rapport de stage, ENGREF. 46.