

CARACTERISATION DENDROMETRIQUE ET SPATIALE DE TROIS ESSENCES LIGNEUSES MEDICINALES DANS LA FORET CLASSEE DE WARI-MARO AU BENIN

Belarmain FANDOHAN¹, KAKAI Romain GLELE^{1*}, Brice SINSIN¹,
Dieter PELZ²

¹ Faculté des sciences agronomiques, Université d'Abomey-Calavi,
01 BP 526, Cotonou, Bénin

² Department of forest biometry, University of Freiburg, Tennenbacherstr. 4,
D-79085, Freiburg (Germany)

(Reçu le 23 Février 2008, accepté le 19 Aout 2008)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : gleleromain@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Les caractéristiques dendrométriques et spatiales des peuplements à dominance de trois essences ligneuses médicinales (*Azelia africana* Sm., *Burkea africana* Hook.f, *Lannea barteri* (Oliv). Engl) dans la forêt classée de Wari-Marou, ont été déterminées et analysées pour apprécier leurs aptitudes à supporter les pressions anthropiques. L'étude a été réalisée sur la base d'inventaires forestiers dans des placettes installées suivant un échantillonnage aléatoire simple.

Les données collectées dans ces placettes (diamètre à hauteur de poitrine, hauteur totale, nombre total de pieds d'arbre et coordonnées GPS de chaque arbre,) ont permis d'estimer pour chaque essence les paramètres dendrométriques, d'établir la structure en diamètre des populations et la dispersion spatiale des individus. Les résultats obtenus ont permis de noter que *A. africana* et *B. africana* présentent des densités relativement élevées (128,9 pieds/ha et 142,4 pieds/ha).

L. barteri présente une densité relativement faible (46,6 pieds/ha). Le diamètre de surface terrière moyenne présente des valeurs variant entre 22 cm (*B. africana*) et 35 cm (*L. barteri*). La surface terrière moyenne varie entre 4,0 m²/ha (*L. barteri*) et 7,9 m²/ha (*A. africana*). Des trois essences étudiées, seule *B. africana* présente une structure en diamètre en forme de Gauss tronquée à gauche, caractéristique des populations assurant leur

renouvellement. Les individus des trois espèces sont par ailleurs caractérisés par une répartition aléatoire, typique de la plupart des espèces tropicales.

Mots-clés : *Espèces médicinales, caractéristiques dendrométriques et spatiales, Wari-Marou, Bénin.*

ABSTRACT

Dendrometric and spatial patterns of three medicinal tree species in the Wari-Marou forest reserve (Benin)

Dendrometric characteristics and spatial structure of three medicinal tree species (*Afzelia africana* Sm., *Burkea africana* Hook.f and *Lannea barteri* (Oliv) Engl) have been assessed and analysed in the Wari-Marou forest reserve in order to evaluate their current viability in natural stands and provide useful information as far as forest management is concerned. Data collection was done in rectangular plots through a one-stage random sampling scheme. Diameter, height and GPS coordinates were used to compute dendrometric parameters and to describe the population structure of the targeted species.

The results obtained helped to notice that *A. africana* and *B. africana* have a higher tree-density (142.4 stems/ha and 128.9 stems/ha) than *L. barteri* (46.6 stems/ha). The mean diameter was 22 cm for *B. africana*, 35 cm for *L. barteri* and 27 cm for *A. africana* whereas basal area varied between 4.0 m²/ha (*L. barteri*) and 7.9 m²/ha (*A. africana*). As far as the stem diameter structure was concerned, only *B. africana* presented a truncated bell-shaped distribution. But all the three species showed a random spatial distribution typical in tropical ecosystems.

Keywords : *Medicinal tree species, Dendrometric and spatial patterns, Wari-Marou, Benin*

I - INTRODUCTION

Depuis les origines, l'Homme a recourt à la nature, c'est-à-dire à son environnement immédiat pour résoudre les problèmes majeurs de son existence [1]. Les actions thérapeutiques d'une gamme assez variée de plantes bien que non scientifiquement confirmées ont été découvertes par les peuples depuis des siècles [2]. On dénombre de nombreux ligneux des forêts tropicales dont toutes ou presque toutes les parties sont quotidiennement

utilisées en médecine traditionnelle. *Afzelia africana* Smith ex Pers, *Burkea africana* Hook.f. (Leguminosae Caesalpinioideae) et *Lannea barteri* (Oliv.) Engl (Anarcadiaceae) sont des espèces des écosystèmes contrastés, très utilisées par écorçage en médecine traditionnelle par les populations locales au Bénin. En dépit de leur extrême importance, ces essences médicinales ont bénéficié de moins d'attention de la part des chercheurs comparativement à celles dont le bois fait l'objet d'un grand commerce international. Il existe plusieurs exemples d'essences ligneuses menacées du fait d'une surexploitation.

L'absence d'une bonne connaissance de ces plantes est au même titre que l'intensification de la commercialisation de leurs dérivées, l'inefficacité des plans de gestion des écosystèmes forestiers et l'inadéquation de la législation forestière vis à vis des PFNL, une cause majeure de la forte régression de leurs populations [3]. La mise en œuvre de stratégies globales de conservation, de restauration en milieu naturel et de production compatible avec le développement local des plantes utilisées en médecine traditionnelle s'avère nécessaire pour assurer leur pérennité. Un tel but n'est réaliste que s'il repose sur une base scientifique assez fournie.

En effet, l'acquisition de données fiables sur l'écologie, les risques de disparition et la répartition spatiale de ces espèces est une nécessité pour comprendre la dynamique de leurs populations et pour l'élaboration de plans d'aménagement et de gestion des ressources naturelles qui soient efficaces [3,4]. De même, le mode de dispersion spatiale des individus retentit profondément sur le fonctionnement de l'écosystème car la forme et l'intensité des interactions en dépendent [5]. La présente étude qui part déjà d'investigation approfondies quant à leur utilisation en médecine traditionnelle par l'écorçage, a pour objectif principal de décrire et d'analyser les caractéristiques dendrométriques et spatiales des populations naturelles des espèces ligneuses médicinales *sus* indiquées, dans la forêt classée de Wari-Marou.

Le but poursuivi est d'une part d'évaluer l'aptitude de ces populations à se maintenir au sein des peuplements à partir des caractéristiques dendrométriques et d'autre part, de contribuer à comprendre pour chacune des espèces ciblées, le mode d'organisation des individus dans l'espace. Dans ce ordre d'idée, la présente étude s'est focalisée sur les questions suivantes : (i) les espèces ciblées sont-elles abondantes dans l'aire d'occurrence investiguée, (ii) qu'elles sont leurs aptitudes à se renouveler et (iii) quel est le mode d'organisation spatiale des individus adultes ?

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans la forêt classée de Wari-Marou, située au centre du Bénin entre les latitudes 8°50' et 9°10' N et 1°55' et 2°25' E (*Figure 1*). Elle s'étend sur les communes de Tchaourou et de Bassila. La région est sous l'influence d'un climat tropical de type soudanien humide caractérisé par deux saisons : une saison sèche marquée qui dure 5 mois (novembre à mars) et une saison pluvieuse qui dure d'avril à octobre. La pluviosité moyenne annuelle est de 1200 mm et les températures annuelles moyennes sont de 26 ou 27°C. La végétation climacique est la forêt dense sèche et est composée de savanes, de forêts claires et d'îlots de forêts sèches ou denses semi-décidues [6]. Le faciès pédologique est dominé par des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions, sur granites et embrêchites.

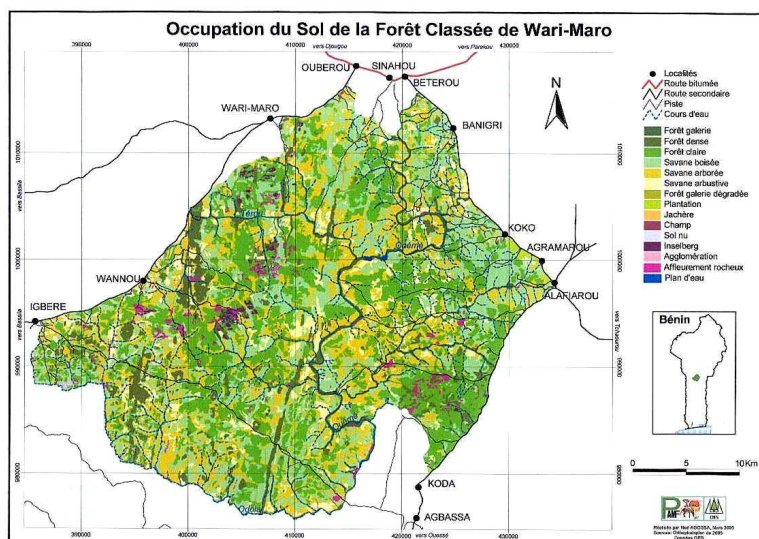


Figure 1 : Carte de végétation de la forêt classée de Wari-Marou

II-2. Collecte des données

La caractérisation dendrométrique a été faite au moyen d'un inventaire forestier. Sur la base de la carte de végétation de la forêt, les peuplements à *A. africana*, *B. africana* et *L. barteri* furent identifiés. Au sein de chaque type de peuplement, 10 placeaux carrés de 0,09 ha furent installés. A l'intérieur de

chacun des placeaux, tous les individus de l'espèce ciblée de diamètre à hauteur de poitrine (dbh) ≥ 10 cm furent inventoriés. Pour chaque individu, le diamètre fut mesuré au moyen d'un compas forestier et la hauteur totale, à l'aide d'un clinomètre Suunto.

II-3. Calcul des paramètres dendrométriques

Les formules suivantes ont été utilisées pour le calcul des paramètres dendrométriques.

La densité de peuplement (N , en pieds/ha) - nombre moyen d'arbres de diamètre à 1,3 m ($d_{1,3m}$) supérieur à 10 cm par hectare. Elle est donnée par la formule :

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

n étant le nombre total d'arbres par placeau et s , la surface du placeau ($s=0,09$ ha).

Le diamètre moyen (D en cm) qui représente le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne :

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

où n est le nombre d'arbres de $d_{1,3m}$ supérieur à 10 cm à l'intérieur du placeau et d_i , le diamètre de l'arbre i (en cm).

La surface terrière (G , en m^2/ha) est la somme de la section transversale à 1,3 m de tous les arbres de $d_{1,3m} \geq 10$ cm à l'intérieur du placeau :

$$G = \frac{\pi}{4s} \sum_{i=1}^n d_i^2, \quad (3)$$

d_i étant le diamètre en mètre de l'arbre i de la placette.

La hauteur moyenne de Lorey (H , en mètre) est la hauteur moyenne de tous les arbres inventoriés à l'intérieur d'une placette, pondérée par rapport à leurs surfaces terrières :

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

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

Les paramètres calculés ci-dessous ont été soumis à une analyse de la variance à deux critères de classification, modèle mixte, les placeaux constituant le facteur aléatoire. Le test de Student-Newman-Keuls a été utilisé pour structurer les valeurs moyennes des paramètres des populations.

II-4. Relation hauteur-diamètre, établissement de la structure en diamètre et caractérisation spatiale

La relation hauteur-diamètre a été établie pour chacune des trois espèces. A cet effet, les modèles suivants ont été retenus du fait de leur qualité d'ajustement :

$$\begin{aligned} A. \textit{Africana} : & \quad \text{Ln}H = a + b\text{Ln}D; \\ B. \textit{Africana} : & \quad H = a + b\text{Ln}D; \\ L. \textit{barteri} : & \quad \text{Ln}H = a + bD + cD^2. \end{aligned} \quad (5)$$

La structure en diamètre est un bon instrument d'appréciation de la dynamique des populations des essences ligneuses [7] ; elle a été établie pour chacune des essences ciblées à partir des données relatives aux mesures de $d_{1,3m} \geq 10$ cm et ajustée à la distribution normale tronquée à 10 cm (qui représente le seuil d'inventaire).

Pour la caractérisation spatiale des espèces, les coordonnées GPS de tous les individus inventoriés furent prises ; l'approche utilisée suppose que les individus des peuplements de chacune des espèces ciblées sont représentés par des points indiquant dans l'espace analysé, la projection au sol du centre de leur tronc : on parle de semis de points ; l'analyse de la répartition de ces points et donc de la répartition spatiale des arbres a été alors faite par la méthode des processus ponctuels ; La technique d'analyse utilisée dans ce travail est la statistique O-ring introduite par [8] ; le modèle utilisé est un modèle univarié. La "O-ring statistic" est une fonction de densité de probabilité, la probabilité de voir un point (arbre) à l'intérieur de l'aire

délimitée par un rayon r centré sur un point arbitrairement fixé (arbre imaginaire). L'expression de son estimateur, $O(r)$ est:

$$\hat{O}(r) = \hat{\lambda} \hat{g}(r) \quad \text{avec} \quad \hat{\lambda} = \frac{A}{N} \quad \text{et} \quad g(r) = \frac{dK(r)}{d(r)} \times \frac{1}{2\pi r}; \quad (6)$$

$$\hat{K}(r) = \frac{1}{\hat{\lambda} N} \sum_{i=1}^N \sum_{j \neq i} n_{ij}$$

$O(r) = \lambda_1$ si la distribution est aléatoire ;

$O(r) < \lambda_1$ si la distribution est agrégative ;

$O(r) > \lambda_1$ si la distribution est régulière.

Dans ces formules, le symbole r est le rayon d'un anneau centré sur un point aléatoirement fixé ; A est la surface de la zone en m^2 ; N est le nombre total d'arbres ; $\hat{\lambda}$ est l'estimateur de la densité du processus; sa formule est donnée pour les processus homogène et isotrope; n_{ij} est égale à 1 si la distance entre i et j est inférieure à r ; dans le cas contraire, n_{ij} est égale à 0. Les données utilisées pour générer la fonction sont les coordonnées GPS en système UTM (x, y) de tous les individus à l'intérieur de chaque placette.

La structure spatiale a été déterminée pour chacune des placeaux, puis la fonction "combine replicate" du logiciel Programmita [8] a été utilisée pour avoir une structure générale (c'est-à-dire une limite de confiance commune) par espèce. Selon [9], les zones à climat contrasté sont caractérisées par une répartition spatiale non aléatoire due à une relation nette soit négative soit positive entre les plantes. Nous basant sur ce principe, nous partons de l'hypothèse que les peuplements de chaque espèce répondent à une répartition aléatoire.

III – RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Paramètres dendrométriques des essences étudiées

Le **Tableau 1** présente une analyse comparée des caractéristiques dendrométriques des espèces étudiées. Les valeurs moyennes (m) des paramètres ainsi que leurs écart-types respectifs (s) y sont indiquées. Il ressort du **Tableau 1** que *A. africana* et *B. africana* présentent des densités absolues respectivement de 3 et 2,7 fois plus élevées que *L. barteri*. La faible valeur moyenne obtenue pour *L. barteri* est essentiellement due au fait qu'il

s'agit d'une espèce relativement peu grégaire. Par contre, du point de vue du diamètre de surface terrière moyenne et de la hauteur de Lorey, *L. barteri* présente des valeurs nettement plus élevées que les deux autres espèces.

Quant à la surface terrière, *A. africana* présente une densité 1,7 à 2 fois plus élevée que celles des autres espèces. Les différences observées entre espèces sont le fait des tempéraments intrinsèques à chacune des espèces. On ne dispose de données comparatives ni pour toutes les espèces ni pour tous les paramètres. Toutefois, les densités obtenues pour les trois espèces sont 2,2 à 31,8 fois plus faibles que celles obtenues pour d'autres espèces utilisées en médecine traditionnelle comme *Uapaca togoensis* (264,4 pieds/ha) dans la même forêt [10], *Maranthes polyandra* (313 pieds/ha) et *Detarium microcarpum* (1486 pieds/ha) dans la forêt classée de Niangoloko Burkina Faso [11].

Ces constatations peuvent témoigner d'une plus faible aptitude des espèces étudiées à supporter une pression d'utilisation plus ou moins forte, et ceci d'autant plus qu'elles sont utilisées par écorçage, une pratique très préjudiciable voire fatales pour les arbres.

Tableau 1 : Moyennes (*m*) et écart-types (*s*) des caractéristiques dendrométriques des populations des espèces étudiées

Espèces	Densité, N (tige/ha)		Diamètre D (cm)		Hauteur (m)		Surface terrière (m ² /ha)		G
	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	
<i>A. africana</i>	142,2a	46,2	27,0a b	1,0	8,9c	0,5	7,9a	2,5	
<i>B. africana</i>	128,9a	31,9	22,0a b	3,0	9,7b	1,2	4,8b	1,2	
<i>L. barteri</i>	46,6b	21,8	35,0a	9,9	13,6a	3,3	4,1b	2,3	

NB : Pour chaque colonne, les valeurs de même lettre ne sont pas significativement différentes.

III-2. Relation hauteur-diamètre et structure en diamètre des espèces

La relation entre la hauteur et le diamètre des arbres (**Figure 2**) permet de noter une tendance de type logarithmique pour les trois espèces. Les coefficients de détermination sont dans les 3 cas relativement peu élevés

(< 50 %) et suggèrent que moins de 50 % des variations de la hauteur sont expliquées par les variations du diamètre.

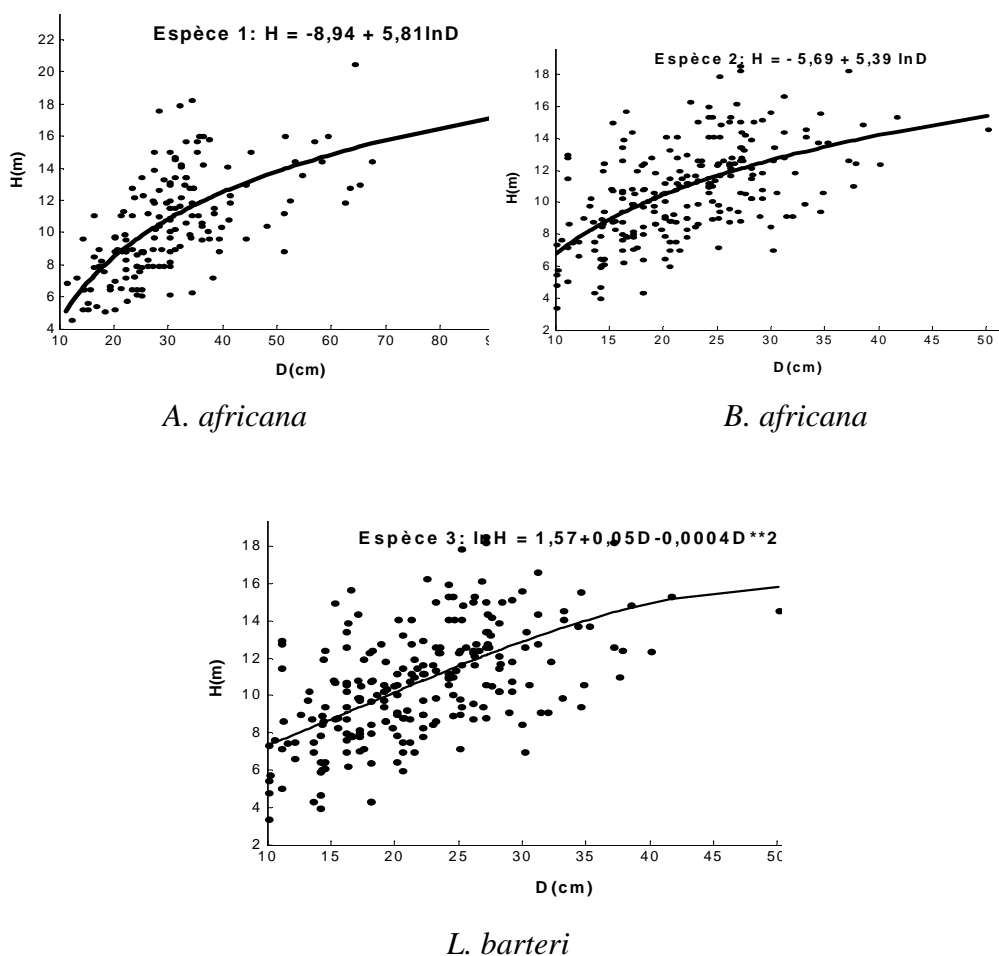


Figure 2 : Diagramme hauteur-diamètre des trois essences forestières

De telles observations pourraient être due à une influence non négligeable des facteurs stationnels (sols, vent, topographie, compétitions intra et interspécifiques, écologie, etc.) sur l'évolution de la hauteur des spécimens. Par ailleurs, la distribution des individus par classe de diamètre (**Figure 3**) révèle que, pour toutes les espèces, les effectifs les plus importants sont dans les classes de diamètre intermédiaires alors que les classes extrêmes présentent les effectifs les plus faibles.

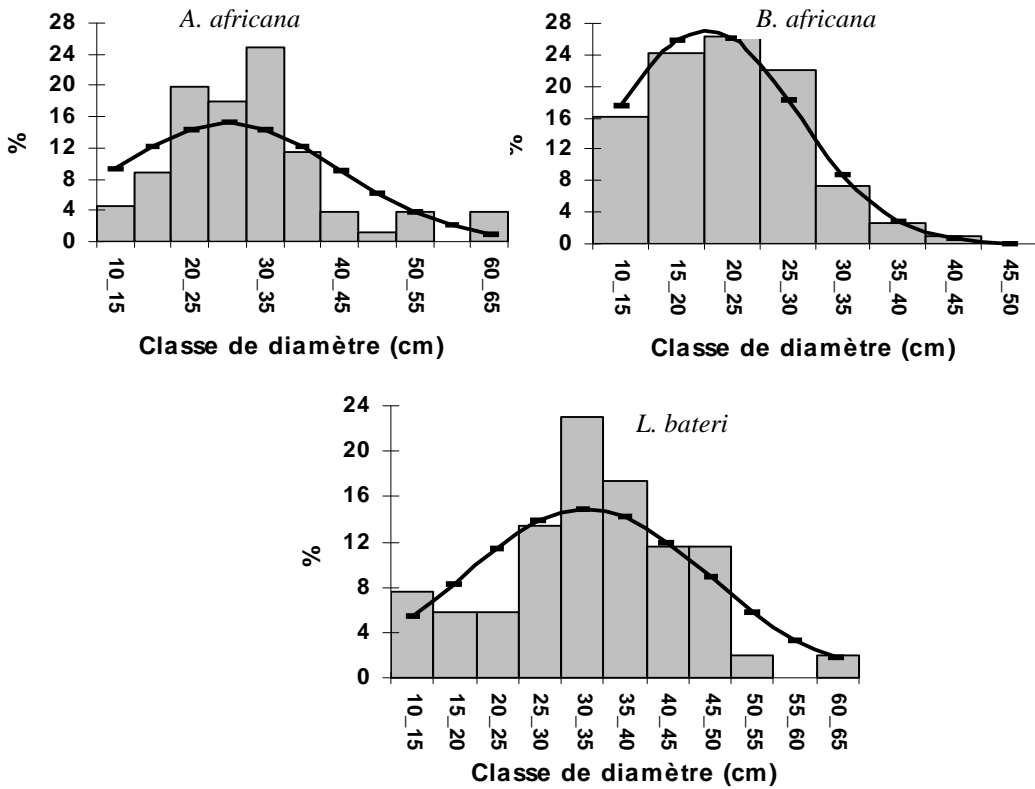


Figure 3 : Structure en diamètre des essences étudiées

De telles distributions ont été notées pour les mêmes essences dans la forêt classée de la *Lama* [12], dans la forêt classée de *Bassila* [13], dans les différentes zones climatiques du Bénin, notamment chez *A. africana* [14]. En ce qui concerne *B. africana*, en considérant les individus de plus de 20 cm de diamètre, la structure s'ajuste mieux à la distribution normale tronquée, typique des espèces assurant leur renouvellement au sein des peuplements.

L'étude de la réponse des populations d'espèces tropicales aux perturbations est difficile du fait de leur longévité et de l'absence de preuves scientifiques des impacts sur leurs rythmes de renouvellement et de croissance d'une part, et de leurs extinctions d'autre part [15]. Une telle étude ne saurait donc être approchée de façon précise par des données ponctuelles. Une meilleure appréciation de la dynamique et de la viabilité des populations des espèces étudiées pourrait être faite au moyen d'études sur le long terme.

III-3. Répartition spatiale des arbres

Dans le présent paragraphe le raisonnement est basé sur les relations entre individus de la même espèce à de faible distance. Les trois espèces étudiées présentent globalement une répartition spatiale aléatoire à différentes tendances en fonction du rayon considéré (**Figure 4**), ce qui confirme l'hypothèse de base. De telles distributions ont été observées par différents auteurs [15] dans les écosystèmes tropicaux. Dans le cas de *A. africana*, l'espèce est ballochore et devrait présenter une distribution agrégative [16].

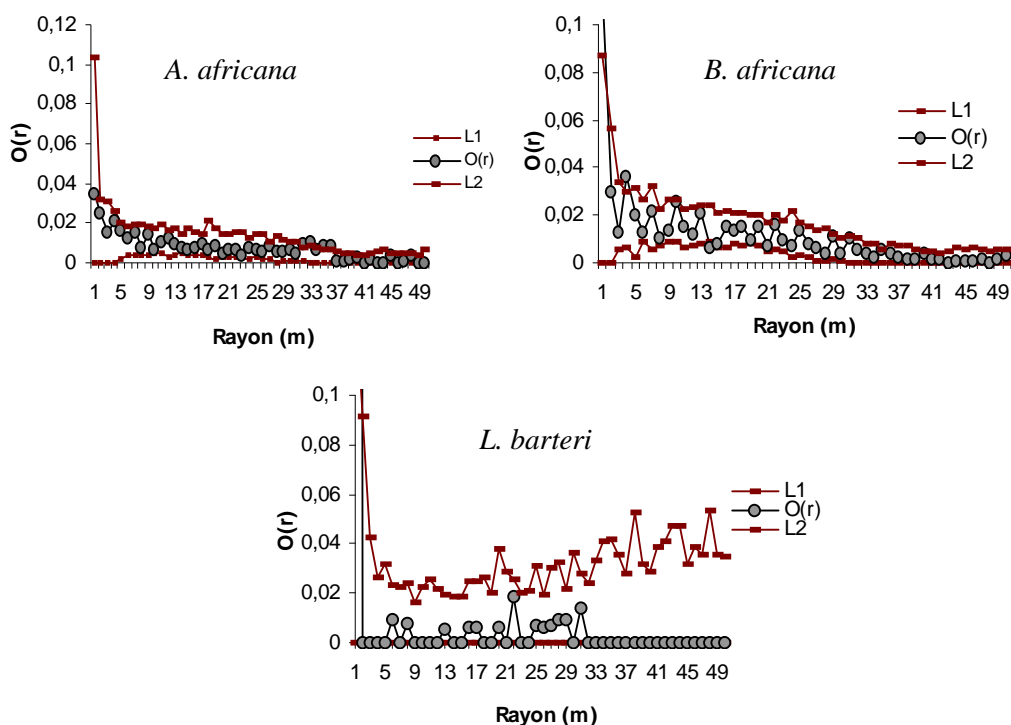


Figure 4 : Courbe $O(r)$ de répartition des essences étudiées

La tendance observée nous fait alors émettre l'hypothèse que la répartition spatiale de cette espèce n'est pas tributaire de la borachorie mais plutôt de la zoochorie qui est le second mode de dissémination de l'espèce. Cela pourrait entre autre expliquer le fait que les jeunes individus affranchis des risques naturels de mortalité sont rares à proximité des pieds mères, en dépit de la forte densité de plantules sous la couronne de ces dernières. La dissémination par zoochorie peut induire en effet, une répartition hétérogène des arbres avec une tendance à de petits agrégats [16]. En ce qui concerne *B. africana* (espèce anémochore), on observe une tendance à l'agrégation pour des rayons

de faibles valeurs et une répulsion pour des valeurs de l'ordre de 20 m et au-delà. Cette répartition tend vers celle d'une répartition par groupes de petites tailles (bouquets) à leur tour, régulièrement répartis. Ce type de répartition est l'un des types caractérisant les espèces anémochores [16].

Enfin pour *L. barteri* (espèce zoochore), on note une tendance à la répulsion à partir de 5 m de rayon. Les individus montrent une nette tendance à une mise à distance également caractéristique de certaines espèces zoochores [16]. Notons toutefois que la portée de nos interprétations est quelque peu limitée par la non prise en compte dans cette étude de la variation de la répartition spatiale des individus en fonction des classes de diamètre. Selon [17], la prise en compte de la structure en diamètre est particulièrement importante dans les études relatives à la structure spatiale dans le voisinage immédiat des individus d'une communauté de plantes.

Aussi faut-il remarquer que la position relative d'un individu donné dans un peuplement n'est pas que tributaire de celle des spécimens de la même population mais aussi de la présence des individus des autres espèces du peuplement. Il serait de ce fait intéressant de faire une analyse bivariée pour caractériser de façon plus pointue, la structure spatiale à laquelle répond chacune des espèces et en déterminer les facteurs responsables. Il s'agit de la prise en compte des inter-types [16,18,19]. L'approfondissement de telles études est d'une grande importance en matière d'aménagement des forêts en ce sens qu'il pourrait permettre de mieux comprendre les relations entre arbres dans les peuplements afin de bien raisonner les distances entre individus, dans le cadre des travaux d'afforestation pour la conservation et l'utilisation durable des essences étudiées.

IV – CONCLUSION

La caractérisation dendrométrique a contribué à la connaissance des espèces ciblées et constitue un préalable fondamental à la conception de plans de gestion et de conservation qui se veulent efficaces. Il ressort des résultats de cette étude que les espèces étudiées ont des densités relativement faible et présentent une propension à la vulnérabilité si soumise à une surexploitation. De même, exception faite de *B. africana*, les deux autres espèces étudiées (*A. africana* et *L. barteri*) présentent une structure en diamètre relativement peu viables. Cependant des études sur le long terme permettraient de mieux élucider la répartition par classe de diamètre des arbres. Par ailleurs les espèces étudiées présentent une répartition spatiale aléatoire, commune chez les essences évoluant sous les tropiques. Ces espèces devraient alors

bénéficier d'une attention particulière en vue de rationaliser leur utilisation par écorçage, une pratique assez dommageable pour leur survie. Les mesures conservatoires devront également travailler à la mise au point de méthodes d'écorçage peu dommageables pour les fonctions vitales de ces espèces. Des études approfondies, notamment sur la dispersion spatiale des individus et la régénération naturelle devraient permettre de mieux raisonner la sylviculture de ces espèces dans le cadre d'une afforestation pour soutenir les besoins des populations locales et garantir la conservation et l'utilisation durable de ces espèces.

Remerciements

Les auteurs remercient Mme Claire Delvaux et le projet VLIR pour avoir concourus financièrement et scientifiquement à la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES

- [1] - D. ABEBE, in Proceeding of the XIIIth Plenary meeting of AETFAT, Eds "Seyani, J. H. et Chikuni, A .C.", *Zomba*, Vol 1 (1991) 191-196
- [2] - A. HUTCHINGS, A. H. SCOTT, G. LEWIS and A. B. CUNNINGHAM, University of Natal Press, Pietermaritzburg (1996) 204-205
- [3] - N. M. GUEDJE, J. LEJOLY, B-A. NKONGMENECK, and W. B. J. JONKERS, *Forest Ecology and Management*, 177 (2003) 231-241
- [4] - TNC, "A practitioner's handbook for site conservation planning and measuring success", Vol 1(2000)
- [5] - S. FRONTIER and D. PICHOD-VIALE, "Ecosystème: Structure, fonctionnement et évolution", Ed Collection d'Ecologie 21, Paris (1993)
- [6] - M. HOUINATO and B. SINSIN, *Syst. Geogr. Pl.* 71(2001) 889-910
- [7] - A. B. CUNNINGHAM, "Applied Ethnobotany. People, Wild Plant Use and Conservation", Ed Earthscan Publications Ltd, London (2001)
- [8] - T. WIEGAND and A. MOLONEY K., *Oikos*, 104 (2004) 209-229
- [9] - M. R. AGUIAR, O. E. SALA, *Ecologia Austral*, 8 (1998) 201-210
- [10] - A. B. FANDOHAN, Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (2006).
- [11] - OUÔBA P., BOUSSIM J. and GUINKO S., *Fruits*, 61 (2006) 71-81
- [12] - G. PARADIS and P. HOUNGNON, *Bulletin du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle*, 3^e serie N°503 (1997).

- [13] - N. SOKPON and H. S. BIAOU, Forest Ecology and Management, 161(2002) 13-25.
- [14] - B. SINSIN, O. EYOG MATIG, A. E. ASSOGBODJO, O. G. GAOUÉ and T. SINADOUWIROU, Biodiversity and conservation, 13 (2004) 1555-1570.
- [15] - R. CONDIT, R. SUKUMAR, S. P. HUBBELL and R. B. FOSTER, *American Naturalist*, 152 (1998) 495-509.
- [16] - F. COLLINET, Laboratoire de Biométrie, Génétique et Biologie des populations. U.M.R. C.N.R.S. 5558. Groupement d'Intérêt Scientifique Sylvolab-Guyane (1997).
- [17] - D. W. PURVES and R. LAW, *Journal of Ecology*, 90 (2002) 121-129
- [18] - C. ZO BI, “Analyse de la répartition spatiale d’individus ligneux. La réserve biologique intégrale de la tillaie (France) et la Réserve de faune du Dja (Cameroun) ”, ENGREF. Montpellier, (1997)
- [19] - T. WIEGAND, W. D. KISLING, P. A. CIPRIOTTI and M. R. AGUIAR, *Journal of Ecology*, 94 (2006) 825–837.