

**STRUCTURE SPATIALE ET REGENERATION NATURELLE DE
PTEROCARPUS ERINACEUS POIR EN ZONE SOUDANIENNE AU BENIN**

**Romain GLELE KAKAÏ^{*1}, Achille E ASSOGBADJO.¹, Brice SINSIN¹
et 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 27 Janvier 2009, accepté le 13 Mai 2009)

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

RÉSUMÉ

Un inventaire des peuplements naturels à dominance de *P. erinaceus* a été effectué au Sud de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur (Nord-Bénin) dans le but de quantifier la régénération de l'espèce et de caractériser la répartition spatiale des arbres. Les mesures de hauteur de régénérations sont faites dans des quadrats de 5 m de côté situés à l'intérieur et aux quatre sommets de 40 placeaux rectangulaires de 30 m x 50 m. La répartition spatiale de la régénération de *P. erinaceus* autour des arbres-mères a été aussi appréciée en comptant le nombre de juvéniles dans 4 bandes concentriques de 1 m d'épaisseur, établies autour de 5 arbres-mères de 10 à 25 cm de diamètre d'une part et de diamètre supérieur à 25 cm d'autre part. Ces arbres sont choisis de façon aléatoire dans les placeaux rectangulaires. Les résultats obtenus permettent de noter que la densité de régénérations est plus élevée dans les formations de savane que dans les forêts claires (3775 plants/ha en savane contre 1450 plants/ha en forêt claire). La hauteur moyenne de régénération est par contre significativement la même dans les deux formations naturelles (7,5 cm en moyenne). Par ailleurs, la structure verticale de la régénération a une forme en « J renversé » et on note une proportion relativement faible de sujets de hauteur supérieure à 15 cm. La répartition spatiale des arbres montre de façon globale une tendance aléatoire alors que la répartition de la régénération autour des arbres-mères est agrégative pour les arbres de diamètre compris entre 10 et 25 cm et aléatoire pour les arbres de plus grands diamètres.

Mots-clés : *Distribution spatiale , régénération naturelle , Pterocarpus erinaceus , forêt de l'Ouémé Supérieur.*

ABSTRACT**Spatial structure and natural regeneration of *Pterocarpus erinaceus* Poir in the Sudanian zone in Benin**

An inventory of dominated *P. erinaceus* vegetation types was done in the south of Ouémé Supérieur forest reserve (North-Benin) in order to analyse the regeneration of the species and characterize its spatial distribution patterns. Height of saplings was measured in quadrats of 5 m of side located inside and at the tops of 40 rectangular plots of 30 m x 50 m. The spatial distribution of the seedlings and saplings of *P. erinaceus* was also appreciated by counting them in four concentric rings around five random mother-trees of stage S₃ (young adults) and stage S₄ (adults). The results obtained from the study indicated that the density of seedlings and saplings was higher in tree-savannah (3775 trees/ha) than in woodland (1450 trees/ha). The mean height was at contrary significantly the same in the two stands (7.5 cm in average). Moreover, the height-class structure of the saplings has a « J reverse » curve. The overall spatial distribution of trees showed a random tendency whereas the density of juveniles was more important at the feet of mother-trees of stage S₃ (10-25 cm) and random for mother-trees of stage S₄.

Keywords : *Spatial distribution , natural regeneration , Pterocarpus erinaceus , Ouémé Supérieur forest.*

I - INTRODUCTION

Le couvert forestier mondial est un indicateur clé de l'état de santé de notre planète. Une forêt naturelle non dégradée rend de nombreux services entre autres, le recyclage des nutriments, la régulation du climat, la stabilisation des sols, le recyclage des déchets et la création d'habitats naturels [1]. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture évalue la perte des forêts mondiales à 94 millions d'hectares depuis 1990 [2]. Selon [3], le premier et peut-être le plus important facteur de l'appauvrissement de la diversité spécifique est la perte, la fragmentation et la modification des habitats naturels. Contrairement à d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, le Bénin possède peu de forêts [4]. Il dispose de 2.351.000 ha de forêts (21,3 % du territoire) dont 114.000 ha de plantations forestières [5]. Sur le plan africain, le Bénin dispose de 0,4 % de la superficie continentale des forêts, estimée à 635.412.000 ha. Il est loin derrière ses voisins immédiats comme la Côte d'Ivoire (10.405.000 ha) et le Nigéria (11.089.000 ha). Il est cependant plus nanti que le Togo qui possède 386.000 ha [5]. Les essences forestières autochtones faisant objet de demande préférentiellement élevée en bois d'œuvre et de service à savoir *Khaya senegalensis* et *Azelia africana*, jadis bien représentées dans les forêts sont

devenues rares [6-8]; En effet, ces espèces forestières grégaires subit de plus en plus de fortes pressions de déboisement par écrémage. Les autres essences de valeur dont le vène (*Pterocarpus erinaceus* Poir) sont exploitées dans les forêts pour leur bois.

P. erinaceus est une légumineuse des forêts claires et savanes arborées d'Afrique, utilisée en ébénisterie pour la qualité de son bois et en nutrition des ruminants en saison sèche du fait de la richesse de ses feuilles en protéine [9]. C'est un arbre souvent trouvé en Afrique de l'Ouest et du Centre depuis le Sénégal à l'Ouest jusqu'à la République Centrafricaine à l'Est. Il est présent jusqu'à la latitude de 14°N mais en populations de petite taille. A cette latitude, d'autres espèces du même genre telles que *Pterocarpus lucens* se comportent bien et sont plus abondantes. Par ailleurs, l'espèce n'a pas encore fait l'objet d'introduction dans une région hors de son aire géographique.

Une étude préalable concernant les peuplements à dominance de *P. erinaceus* dans la forêt classée de l'Ouémé supérieur a été déjà effectuée et a permis de décrire la structure de ces peuplements à travers le calcul de paramètres écologiques et dendrométriques ([10]). La présente étude s'intéresse à la caractérisation spatiale de l'espèce dans son milieu ainsi que son potentiel de régénération. La caractérisation spatiale permet d'analyser la disposition des individus d'une espèce dans son aire de répartition et de faire des corrélations avec son mode principal de dissémination ainsi que l'impact des actions anthropiques sur ce mode de dissémination et donc sur le potentiel de régénération de l'espèce.

L'objectif principal de cette étude est de comprendre la stratégie d'occupation de l'espace par *P. erinaceus* et l'effet de diverses pressions, surtout anthropiques, sur son potentiel de régénération, pour une meilleure conservation de l'espèce. Les objectifs spécifiques sont de déterminer la densité de régénération de l'espèce, d'établir la structure verticale de la régénération, de caractériser et d'analyser la répartition spatiale des arbres adultes ainsi que de la régénération autour des semenciers.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Milieu d'étude

Le milieu d'étude est constitué des formations naturelles à dominance de *P. erinaceus* de la forêt classée de l'Ouémé supérieur. Cette forêt appartient à la zone de transition soudano-guinéenne (7°30-9°30N). Cette zone est considérée par [11] comme celle des formations de savanes boisées guinéennes, tandis que [12] les considère comme des forêts claires soudaniennes. On distingue dans la forêt de l'Ouémé Supérieur trois formations végétales [13]. Il s'agit de la savane arborée, de la savane

arbustive et de la forêt galerie. La forêt classée de l'Ouémé Supérieur est située entre les latitudes 9°11 et 9°47N et longitudes 1°58 et 2°28E. Sa superficie est estimée à 193.400 hectares. Cette forêt est sous l'influence du climat tropical de type soudanien humide caractérisé par deux saisons de durées presque égales. Une saison sèche marquée s'étend de novembre à mars et peut être décomposée en deux saisons thermiques: une saison froide (décembre-février) due au passage de l'harmattan et une saison chaude (mars-avril). La saison pluvieuse s'établit d'avril à octobre. La pluviométrie de la région est de 1247 mm par an en moyenne et est caractérisée par une distribution en cloche unimodale, typique des climats de type tropical. Le mois d'août est le plus arrosé avec une pluviométrie de 267,5 mm.

Le matériel végétal considéré dans la présente étude est constitué des peuplements naturels à dominance de *P. erinaceus* retrouvés à divers endroits dans les forêts classées de l'Ouémé Supérieur au Centre du Bénin (**Figure 1**).



Figure 1 : Savane arborée à *P. erinaceus* de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur.

II-2. Inventaire des peuplements

L'inventaire des peuplements à dominance de *P. erinaceus* a été effectué à travers un échantillonnage à deux degrés. Avec les échantillons du premier degré qui sont des placeaux rectangulaire de 30 m x 50 m (0,15 ha) alors que les échantillons du second degré sont des quadrats de 5 m de côté situés à l'intérieur et aux quatre sommets de chacun des placeaux (**Figure 2**). Un total de 20 placeaux ont été installés en forêt claire et 20 placeaux en savane arborée soit un nombre total de 40 placeaux considérés pour l'étude. La localisation de ces placeaux dans la forêt classée de l'Ouémé supérieur est présentée à la **Figure 3**.

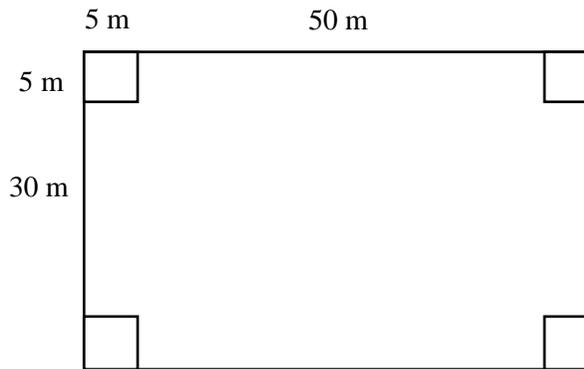


Figure 2 : Dispositif d'installation des quadrats à l'intérieur d'un placeau

Dans chacune des formations de savane arborée et de forêt claire de la forêt classée de l'Ouémé supérieur, tous les individus de *P. erinaceus* des stades S_1 et S_2 sont mesurés en hauteur au sein de chaque quadrat de 5 m. Pour rendre compte de la répartition spatiale des arbres de *P. erinaceus*, tous les individus adultes (stades S_3 et S_4) sont géoréférencés grâce au GPS. Pour la répartition spatiale de la régénération autour des arbres adultes, des bandes de 1 m d'épaisseur sont matérialisées autour de chacun des 5 arbres des stades S_3 et S_4 , choisis de façon aléatoire. Ces bandes se répartissent en cercles concentriques dont le centre est l'arbre ciblé (**Figure 4**). La première bande de 1 m est celui qui est directement établi autour de l'arbre. La seconde est établie à la suite de la première bande, ainsi de suite. Au total, quatre bandes seront considérées. Le centre des bandes est considéré comme le pied de l'arbre au sein de chaque cercle, toutes les plantules de hauteur inférieure ou égale à 0,4 m ont été comptées.

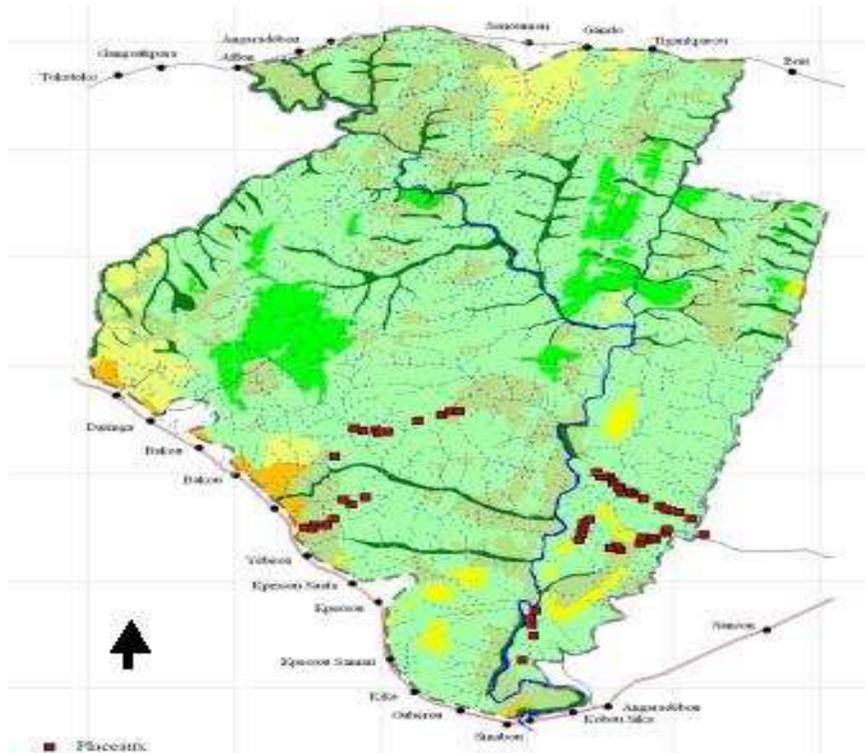


Figure 3. Localisation des placeaux dans la forêt classée de l'Ouémé supérieur

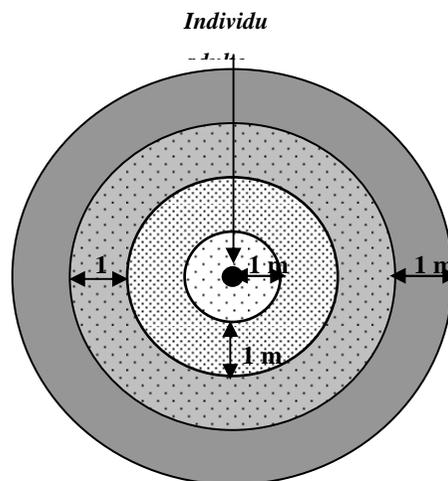


Figure 4 : Dispositif de collecte des données relatives à la caractérisation de la régénération autour des arbres-mères

II-3. Analyse des données

II-3-1. Calcul des paramètres dendrométriques

Les paramètres ci-dessous ont été calculés par quadrat.

La densité de régénérations (N en plants/ ha) : c'est le nombre moyen d'arbre de *P. erinaceus* de circonférence inférieure à 31 cm répertorié sur deux surfaces d'un hectare. Il est calculé grâce à la formule de :

$$N = \frac{n}{sq},$$

n = le nombre de plants de *P. erinaceus* répertorié dans le quadrat de surface sq ; $sq = 0.0025$ ha.

La hauteur moyenne (h en cm): elle est déterminée en calculant la moyenne arithmétique des hauteurs des plants de *P. erinaceus* notés dans le quadrat.

Les valeurs des paramètres calculés sont utilisées pour comparer la forêt claire et la savane arborée à travers une analyse de la variance. Par ailleurs, les classes de hauteur de la régénération de *P. erinaceus* sont établies. Le nombre de plants appartenant à chaque classe est calculé. Ces données sont utilisées pour établir un histogramme de fréquence des classes de hauteur pour l'ensemble des deux formations.

II-3-2. Caractérisation spatiale des arbres de *P. erinaceus*

En ce qui concerne les arbres adultes, l'analyse des points de semis (*O*-Ring analysis). Dans cette approche, les arbres de *P. erinaceus* sont représentés par des points indiquant dans l'espace analysé, la projection au sol du centre de leurs troncs. Le type de répartition spatiale des arbres est donc caractérisé en utilisant l'analyse des points de semis avec le logiciel Programmita ([14]). Trois types de distribution spatiale des arbres sont considérés à savoir la distribution régulière, aléatoire et agrégative. La caractérisation spatiale est d'abord faite pour chaque placeau et généralisée pour l'ensemble des placeaux en utilisant la statistique de la loi binomiale.

En ce qui concerne la régénération, le nombre de plantules (hauteur inférieure à 0,4 m) notées dans les bandes est utilisé pour comparer d'une part les différentes bandes entourant les arbres de *P. erinaceus* d'autre part les stades S_3 et S_4 catégories de grosseurs et les deux formations naturelles à travers une analyse de la variance.

III - RÉSULTATS

III-1. Densité de régénération

La densité moyenne de régénération de *P. erinaceus* dans les forêts claires et savanes de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur est présentée au **Tableau 1**. On y note qu'en forêt, cette densité est de 1450 plantules par ha avec un coefficient de variation de 104,6 % et de 3775 plantules à l'hectare et un coefficient de variation de 125,4 % dans les savanes. Afin de comparer les forêts et les savanes du point de vue de la densité de régénération, une analyse de la variance a été effectuée et les résultats obtenus permettent de noter qu'il existe une différence significative entre les deux formations naturelles ($P=0,003$). La densité de régénération de *P. erinaceus* est donc significativement plus élevée en savane qu'en forêt. Les forts coefficients de variation observés indiquent une répartition spatiale non homogène de l'espèce en forêt naturelle.

Tableau 1: Densité moyenne de régénération de *P. erinaceus*

Formation M		CV (%)
Savane	3775a	125,4
Forêt	1450b	104,6
Global	2612,5	139,8

NB : les chiffres de même lettre ne sont pas significativement différents.

III-2. Hauteur de régénération

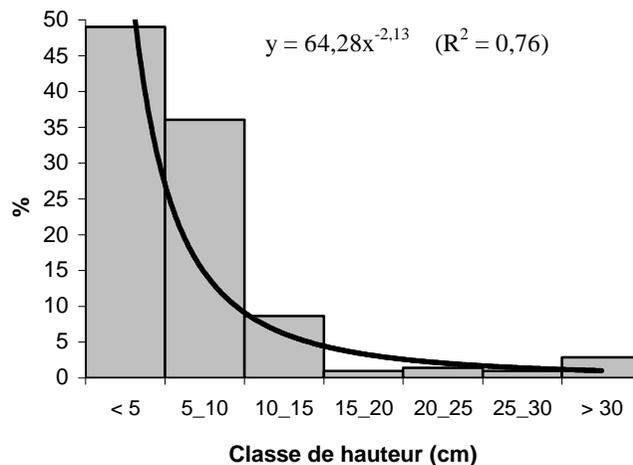
La hauteur moyenne de régénération de *P. erinaceus* est présentée au **Tableau 2** pour chacun des deux (2) formations naturelles. On note de ce tableau que la hauteur moyenne de régénération est pratiquement la même en forêt claire comme en savane arborée. Le test d'analyse de la variance effectué sur ces données confirme cette tendance ($p > 0,05$). Par ailleurs, la structure verticale de la régénération de l'espèce établie pour l'ensemble des deux formations naturelles et présentée à la **Figure 5** permet de noter que les plantules de petites hauteurs (0 à 5 cm) sont les plus représentées avec une fréquence relative supérieure à 45 % du total alors que les plantules de grande taille (supérieur à 15 cm) sont les moins représentées avec une fréquence inférieure à 5 % du total de nombre de plantules.

Tableau 2 : Hauteur moyenne (en cm) de régénération de *P. erinaceus*

Formation	m	CV (%)
Savane	7,6a	91,2
Forêt	7,5a	66,9
Global	7,5	79,9

NB : les chiffres de même lettre ne sont pas significativement différents.

On note aussi une chute brusque de fréquence des régénérations de hauteur supérieure à 15 cm. Par ailleurs, l'allure globale de la courbe est en forme de « J renversé » mais ne s'ajuste pas à une distribution exponentielle négative caractéristique de cette allure ($Prob = 0,001$).

**Figure 5 :** Distribution verticale de la régénération de *P. erinaceus*

III-3. Répartition spatiale des arbres de *P. erinaceus*

La caractérisation spatiale des arbres de *P. erinaceus* dans les formations naturelles de savane et de forêt claire est illustrée à la *Figure 6*. On note de cette figure une tendance à l'agrégation des arbres pour de faibles rayons d'observation en forêt comme en savane.

Mais la répartition des arbres dans les placeaux est dans l'ensemble aléatoire. En ce qui concerne la répartition de la régénération autour des arbres adultes, la densité de régénération (en plants/m²) de *P. erinaceus* dans les 4 bandes concentriques est présenté au *Tableau 3* pour les stades S₃ et S₄. De façon générale, on note une densité de régénération élevée en savane qu'en forêt quelle que soit la bande considérée. De même, ce nombre semble être plus élevé pour

les arbres de gros diamètre (S_4). Enfin quelle que soit la formation naturelle ou la classe de grosseur considérée, le nombre de plantules de *P. erinaceus* semble plus élevé dans la première bande autour des arbres. Le test d'analyse de la variance effectué pour comparer les bandes selon leur densité de régénération confirme cette tendance pour les arbres du stade S_3 . Pour les arbres du stade S_4 , l'hypothèse d'égalité des densités de régénération des bandes est acceptée avec une probabilité de 0,67.

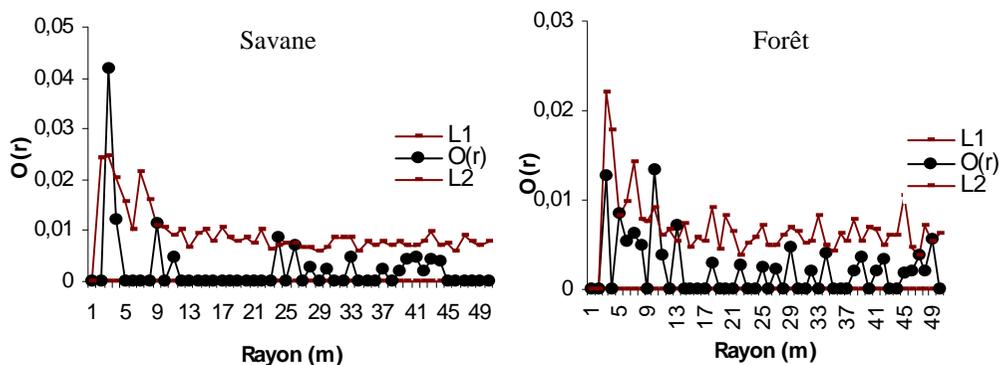


Figure 6 : *Caractérisation spatiale des arbres de *P. erinaceus* les savanes et forêts*

Tableau 3 : *Densité de régénération de *P. erinaceus* (en plants/m²) par bande et par formation naturelle*

Formation Classe		Bande 1		Bande 2		Bande 4		Bande 5	
		m	s	m	s	M	s	m	s
Savane	S3	4,71a	8,09	0,37b	0,53	0,31b	0,54	0,50b	0,43
	S4	0,25a	0,55	0,19a	0,34	0,22a	0,33	0,26a	0,41
Forêt	S3	0,25a	0,74	0,04b	0,07	0,09b	0,09	0,10b	0,14
	S4	0,00a	-	0,00a	-	0,05a	0,07	0,06a	0,09

NB: *Sur une même ligne, les chiffres de même lettre ne sont pas significativement différents.*

IV - DISCUSSION

L'étude de la régénération naturelle des peuplements de *P. erinaceus* dans les forêts et savanes au sud de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur a été faite à

travers un inventaire forestier réalisé sur la base d'un échantillonnage de deux degrés. Il s'agit d'un type d'échantillonnage qui permet de rendre compte simultanément, dans les mêmes conditions écologiques, de la structure diamétrique et verticale des individus adultes et de la régénération d'une espèce donnée. Les résultats obtenus de cette étude ont permis de noter que la densité globale de régénération des arbres de *P. erinaceus* est significativement plus élevée en savane qu'en forêt. Ce constat a été également fait par [15] qui a noté la même tendance en ce qui concerne la régénération des espèces forestières dans les formations savaniques par rapport aux formations forestières du Nord Bénin. Selon [9], l'espèce se comporte mieux en savane qu'en forêt. La compétition intra-spécifique semble donc être beaucoup plus marquée en forêt qu'en savane. Contrairement aux formations forestières, les feux sont cycliques dans les savanes du Nord-Bénin, ce qui peut favoriser dans une certaine mesure la germination *in situ* de l'espèce ([16-18]). Par ailleurs, la luminosité est plus intense dans les sous bois de savane que ceux de forêts ce qui pourra aussi expliquer les résultats observés, *P. erinaceus* étant une espèce héliophile et pionnière comme *Daniellia oliveri* et *Terminalia macroptera* ([15]). La différence observée au niveau des densités dans les deux formations peut également être liée au prélèvement relativement plus important des semenciers de *P. erinaceus* en forêt qu'en savane, cette dernière étant plus accessible compte tenu de sa physionomie plus ouverte.

Les résultats obtenus concernant la hauteur moyenne de régénération de *P. erinaceus* dans les deux (2) formations permettent de conclure qu'il n'existe pas de différence entre les savanes et les forêts. En d'autres termes, la densité de régénération n'a pas d'impact sur la croissance en hauteur de l'espèce. Ceci est confirmé par la structure verticale de la régénération de l'espèce qui présente une allure en « J renversée » caractéristique de celle des formations naturelles. Toutefois, la structure observée ne s'ajuste pas à la distribution exponentielle négative. En effet, de cette structure, on note que les plantules de grande taille (hauteur > 15 cm) sont les moins nombreuses (inférieur à 5 % du total) alors que la tendance contraire est notée dans les classes des arbres de petites tailles. Cette structure verticale de la régénération permet alors de noter qu'il n'y a pas de problème de régénération de l'espèce dans la forêt classée de l'Ouémé supérieur mais plutôt un problème de survie et de transition de la régénération des classes inférieures vers les classes supérieures. Ceci serait simplement le résultat d'une compétition intra-spécifique pour la lumière, des sujets d'espèces héliophiles comme *P. erinaceus* et explique de ce fait la chute de densité notée au niveau des plantules de grande taille. Cette tendance en « J renversé » de la régénération peut aussi être liée au pâturage extensif des bovins comme c'est le cas de bien d'autres espèces compagnes telles que *Khaya senegalensis*, *Azizelia*

africana, *Anogeissus leiocarpa* qui sont menacées de disparition au Bénin ([7, 19]). Pour ces dernières espèces, on ne trouve pratiquement plus de grands individus comme c'est le cas pour *P. erinaceus* qui présente dans sa structure verticale un grand gap prononcé entre les individus de grandes tailles (moins nombreux) et ceux de petite taille (plus abondants). Il urge alors de développer des techniques de régénération assistée en milieu naturel, mais aussi de contrôler les pressions anthropiques qui menacent sa survie.

En ce qui concerne la répartition spatiale de la régénération, la présente étude a montré dans l'ensemble le caractère aléatoire des arbres de *P. erinaceus* ; mais pour de faibles rayons d'observation (< 9 m), on note une tendance à l'agrégation en savane comme en forêt claire. Ce caractère aléatoire de la répartition spatiale des arbres est déjà noté par nombre d'auteurs ([20,21]) ayant conduit des travaux de recherche sur d'autres espèces tropicales. Cette répartition aléatoire suppose non seulement que les arbres de *P. erinaceus* admettent la cohabitation et permet donc l'application des méthodes d'enrichissement en cas d'une forte dégradation du peuplement. Mais il est utile de noter que la répartition spatiale aléatoire suppose aussi que l'impact des pressions anthropiques sur l'espèce n'affecte pas encore de façon sensible la stabilité du peuplement. Par ailleurs, la répartition de la régénération autour des arbres du stade S_3 ($10 \text{ cm} < d < 25 \text{ cm}$) a montré que la densité de régénération est plus importante aux environs immédiats des arbres-mères que loin d'eux. Ceci indique que les arbres adultes de *P. erinaceus* n'inhibent pas la régénération aux environs immédiats mais plutôt la favorise. L'espèce étant anémochore et évoluant en peuplement, cette forte densité de la régénération autour des individus de stade S_3 pourrait aussi s'expliquer par le fait que la dissémination naturelle des semences des arbres de petite taille se trouvent entraver et les semences tombent directement et se développent dans les environnements immédiats de ces arbres-mères conduisant ainsi à la distribution observée. Notons néanmoins que pour les semenciers (stade S_4 : $d > 25 \text{ cm}$), la répartition de la régénération est plus aléatoire expliquant mieux le mode de dissémination de l'espèce.

V - CONCLUSION

Cette étude a permis d'estimer la densité de la régénération de *P. erinaceus* et la caractérisation de la distribution en hauteur de l'espèce. Elle a aussi permis de caractériser la répartition spatiale des arbres dans les peuplements à dominance de *P. erinaceus*. Les principaux résultats ont montré que l'espèce régénère plus en savane qu'en forêt alors que la hauteur de régénération ne varie pas selon les formations naturelles. La distribution de la hauteur de

régénération est en « J renversé » indiquant une stabilité du peuplement. Par ailleurs, l'étude a aussi permis de conclure que la répartition spatiale de la régénération de *P. erinaceus* est aléatoire avec une tendance vers l'agrégation pour de faibles rayons d'observation.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Réseau Africain de Recherches Forestières (AFORNET) qui a financé cette étude.

RÉFÉRENCES

- [1] - COSTANZA, R., d'ARGE R., de GROOT, R., FARBER, R., GRASSO, M. *Nature*, 387 (1997): 253-260
- [2] - FAO, Global forest resources assessment 2000. Main report, FAO forestry paper, 140, Rome (2001)
- [3] - McNEELY, Conservation and future: Trends and options toward the year 2025. A discussion paper. Iucn, Gland Switzerland (1996)
- [4] - AFRICAN REGIONAL WORKSHOP. Conservation and Sustainable Management of Trees project workshop held in Harare, Zimbabwe (1996)
- [5] - FAO, Evaluation des ressources forestières mondiales 2005. FAO. Progrès vers la gestion forestière durable. Rome (2005)
- [6] - N. SOKPON, "Diversité des écosystèmes terrestres et forêts sacrées au Bénin", Projet Stratégie Nationale Biodiversité/ MEHU, Cotonou, (2000)
- [7] - B. SINSIN, O. EYOG MATIG, A. E. ASSOGBADJO, O. G. GAOUÉ, T. SINADOUWIROU, *Biodiversity and conservation*, 13(2004) 1555-1570
- [8] - BONOU, W. GLELE KAKAÏ, R., ASSOGBADJO, A. E., FONTON, H.N., SINSIN, B. *Forest ecology and management*, (2009) doi:10.1016/j.foreco.2009.05.032.
- [9] - G. E. BONKOUNGOU, M. DJIMDE, E. T. AYUK, I. ZOUNGRANA and Z. TCHOUNDJEU, "Taking stock of agroforestry in the Sahel ; harvesting results for the future", ICRAF, Nairobi (1998)
- [10] - GLELE KAKAÏ R., SINSIN, B., PALM, R. *Agronomie Africaine*, 20(2) (2008) 1-11.
- [11] - A. AUBREVILLE, "Flore forestière soudano-guinéenne de l'AOF, Cameroun", Société d'Editions Géographiques, Paris (1950)

- [12] - F. WHITE, "The vegetation Map of Africa South of the Sahara", Ed AETFAT/UNESCO, Paris (1983)
- [13] - H. N. FONTON, "Inventaire du potentiel ligneux des forêts classées de l'Ouémé Supérieure et de N'dali", Rapport DFRN, Cotonou, (1997)
- [14] - T. WIEGAND, K. MOLONEY, *Oikos*, 104(2004) 209-229
- [15] - B. ORTHMANN, "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, (2005)
- [16] - D. GILLON, in "*Tropical Savannas*", Ed Bourliere, Elsevier, Amsterdam, (1983) 617-641
- [17] - M. D. SWAINE, *Journal of Vegetation Science* 3(1992) 365-374
- [18] - E. T. F. WITKOWSKI, R. D. GARNER, *Plant Ecology* 149(2000) 91-106
- [19] - GLELE KAKAÏ, R., SINSIN, B. *South African Journal of Botany*, 75(1) (2009) 43-51.
- [20] - R. CONDIT, S. HUBBELL, and R. FOSTER, *The American Naturalist* 140(1992) 261-286
- [21] - S. HUBBELL, R. FOSTER, S. O'BRIEN, B. WECHSLER, R. CONDIT, K. HARMS, S. WRIGHT and S. DE LOO LAU, *Science*, 283(1999) 554 – 557