

Facteurs écologiques et anthropogéniques déterminant la structure et la régénération du baobab (*Adansonia digitata* L.) dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Bénin

Esaie WAYA^{1*}, Akomian Fortuné AZIHOU², Nelio NDOGOTAR³, Achille Ephrem ASSOGBADJO²
et Adamou IBRAHIMA⁴

¹ Université de Sarh, Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement, Laboratoire de Biologie, BP 105 Sarh, Tchad

² Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, 05 BP 1752, Cotonou, République du Bénin

³ Université de Sarh, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biologie, BP 105 Sarh, Tchad

⁴ Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biodiversité et Développement Durable, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun

(Reçu le 11 Mars 2022 ; Accepté le 23 Mai 2022)

* Correspondance, courriel : wayason@yahoo.fr

Résumé

Ce travail étudie les facteurs écologiques et anthropogéniques déterminant la structure et la régénération du baobab (*Adansonia digitata* L.) dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Bénin. L'aire de relevé est une parcelle de 200 m x 200 m et de 50 m x 30 m et une semi-parcelle de 10 m x 10 m installés de façon à tenir compte du relief (plateau et colline) et des formations végétales (fermées et ouvertes) dans les modes d'utilisation des terres (la zone d'occupation contrôlée, la zone cynégétique et le Parc National). Le diamètre du tronc de tous les ligneux de diamètre supérieur à 10 cm a été mesuré puis la régénération a été dénombré. Une analyse de la variance à trois facteurs (zonage, relief et formation végétale) a été réalisée pour comparer la densité des juvéniles et des adultes du baobab. La distribution par classe de grosseur (SCD) et la régression linéaire ont été exécutées pour étudier l'impact du zonage, du relief et des formations végétales sur la démographie du baobab. La fonction de corrélation entre paires d'individus $g(r)$ a été utilisée pour les analyses spatiales. La densité des adultes de baobab ne varie pas suivant les modes d'utilisation des terres contrairement à la densité des juvéniles qui est plus élevée dans le Parc National et la zone cynégétique de la Pendjari (35,33 juvéniles/ha) que la zone d'occupation contrôlée (7,33 juvéniles/ha). Dans les trois types d'utilisation des terres, la distribution spatiale des juvéniles de baobab est indépendante de celle des adultes. Il y a une faible présence de la régénération dans les trois modes d'utilisation de terre. Ces travaux préliminaires, posent les bases de suivi régulier de ces peuplements afin d'analyser leur évolution dans le contexte actuel des pressions anthropiques et de proposer des stratégies pour une meilleure conservation de cette importante ressource.

Mots-clés : *Adansonia digitata*, spatiale, démographie, mode d'utilisation de terre, Bénin.

Abstract

Ecological and anthropogenic factors determining the structure and regeneration of baobab (*Adansonia digitata* L.) in the Pendjari Biosphere Reserve in Benin

This work investigates the ecological and anthropogenic factors determining the structure and regeneration of baobab (*Adansonia digitata* L.) in the Pendjari Biosphere Reserve in Benin. The survey area is a 200 m x 200 m and 50 m x 30 m plot and a 10 m x 10 m semi-plot set up to take into account the landform (plateau and hill) and vegetation formations (closed and open) in the land use patterns (the controlled occupation zone, the hunting zone and the National Park). The trunk diameter of all woody species with a diameter greater than 10 cm was measured and regeneration was counted. A three-factor analysis of variance (zoning, relief and vegetation formation) was performed to compare the density of juvenile and adult baobab trees. Size class distribution (SCD) and linear regression were performed to investigate the impact of zoning, landform and vegetation on baobab demography. The peer correlation function $g(r)$ was used for spatial analyses. The density of baobab adults does not vary according to land use, unlike the density of juveniles, which is higher in the Pendjari National Park and hunting zone (35.33 juveniles/ha) than in the controlled occupation zone (7.33 juveniles/ha). In all three land-use types, the spatial distribution of baobab juveniles is independent of that of adults. There is a low presence of regeneration in all three land-use types. This preliminary work lays the foundation for regular monitoring of these stands in order to analyse their evolution in the current context of anthropogenic pressures and to propose strategies for better conservation of this important resource.

Keywords : *Adansonia digitata*, space, demography, land use, Benin.

1. Introduction

Les savanes d'Afrique connaissent des processus rapides de transformation des paysages ruraux et une dégradation des ressources naturelles [1, 2]. La dégradation de ces écosystèmes observée ces dernières années se traduit, pour de nombreuses espèces ligneuses par le vieillissement des peuplements naturels lié à l'absence de régénération naturelle. De nos jours, le baobab d'une grande utilité (alimentaires, médicinales, socio-économiques, culturelles et culturelles) [3 - 5] pour les communautés rurales en Afrique en général et au Bénin en particulier, est menacé dans son habitat naturel par la déforestation, les feux de végétation, le pâturage extensif des bovins, la production du charbon de bois, l'utilisation abondante des bois de chauffe, la culture itinérante sur brûlis, l'exploitation illégale de bois et le mouvement incontrôlé du matériel génétique pour l'établissement des plantations [4]. Cette espèce est exploitée et consommée par les populations devient de plus en plus rare due à la pression humaine vis-à-vis de cette dernière [6]. Cette surexploitation entraîne un déséquilibre croissant entre la disponibilité de la ressource naturelle et la demande en produit forestiers non ligneux en raison de la croissance continue de la population [5]. Les travaux effectués sur la régénération des espèces en zone sèche, ont montré que la régénération naturelle est pauvre et gravement entravé par des précipitations rares et l'élevage [7], plaçant ainsi les populations de cette espèce dans une dynamique régressive caractérisée par l'absence des jeunes individus [5]. La perte des habitats due aux changements des modes d'occupation du sol constitue une menace majeure sur la diversité biologique à l'échelle mondiale [8]. Plusieurs études sur la structure de la population de baobab dans d'autres pays d'Afrique indiquent qu'il y a un taux faible de jeunes individus [9 - 13]. À la lumière de ces menaces, il urge alors de comprendre la démographie et la structure spatiale du baobab, afin d'asseoir les bases scientifiques de la conservation de l'espèce. C'est pourquoi de nombreuses questions se posent sur l'impact des divers types d'exploitation de l'espèce sur son état de conservation dans les modes d'utilisation des terres à la Réserve de Biosphère de Pendjari au Bénin. Cette étude consiste d'apporter des éléments de réponse quant aux facteurs écologiques

de peuplements de baobab de Pendjari à travers l'analyse de la distribution spatiale du baobab suivant les modes d'utilisation des terres, d'évaluer l'impact des modes d'utilisation des terres sur la densité des juvéniles et adultes de Baobab, d'analyser l'impact des modes d'utilisation des terres sur la démographie du baobab et les pressions anthropiques auxquelles l'espèce est confrontée, afin de proposer des stratégies pour une meilleure conservation de cette importante ressource.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

La Réserve de Biosphère de la Pendjari (RBP) est située au Nord-Ouest de la République du Bénin, plus précisément dans le Département de l'Atacora [14]. Les coordonnées géographiques sont 10°30' et 11°30' de latitude Nord et 0°50' et 2°00' de longitude Est [15]. Elle couvre une superficie globale de 4661 km² dont 2660 km² sont occupés par le Parc National de la Pendjari, 1750 km² par zone cynégétique de la Pendjari (ZCP) et 251 km² par la zone cynégétique de Konkombri (ZCK) (**Figure 1**). On rencontre aussi une zone d'occupation contrôlée (ZOC) où les activités agricoles sont permises mais contrôlées (**Figure 1**). Cette zone a fait aussi l'objet de cette étude vue qu'elle présente d'autre faciès et qu'elle représente un mode d'utilisation des terres différent des deux précédents (Parc National de la Pendjari et les zones cynégétiques de la Pendjari). Elle couvre une superficie de 340 km² [15]. La Réserve de Biosphère de la Pendjari est située dans le domaine du soudanien septentrional où règne un climat tropical [15], avec une pluviométrie de 1000 mm en moyenne [16]. La végétation est caractérisée par des savanes (herbeuses, arbustives, arborées et boisées), les forêts claires et galerie forestière dans le Parc et la zone cynégétique. Alors que celle de la zone d'occupation contrôlée, est caractérisée par un agro systèmes [15].

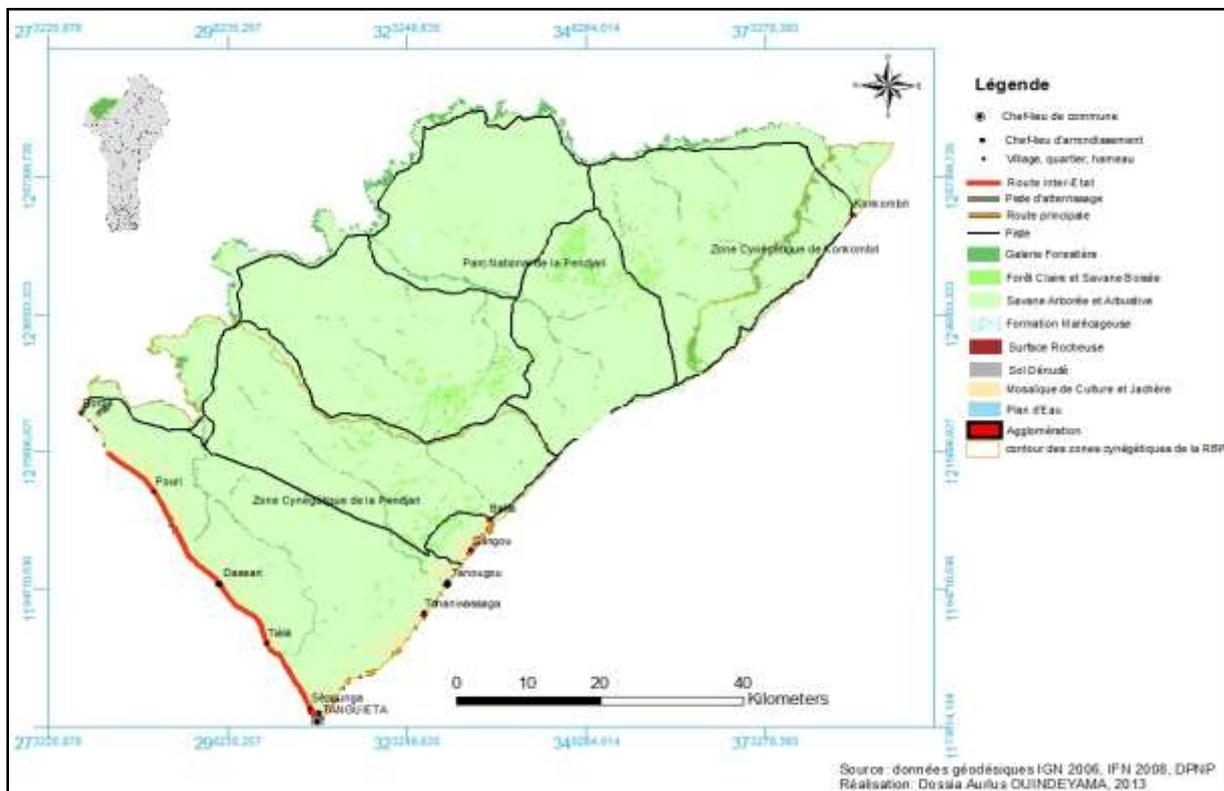


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2-2. Collecte des données

Les données ont été collectées suivant le zonage de la Réserve de Biosphère de la Pendjari qui comprend le Parc National de la Pendjari, la zone cynégétique de la Pendjari et la zone d'occupation contrôlée. Dans chaque zone, les reliefs (plateau et colline) sont considérés. Au niveau de chaque relief, nous avons considéré les formations ouvertes qui sont la savane et les formations fermées qui sont la forêt claire et la forêt dense sèche. Quatre (4) placeaux (2 au niveau de la colline et 2 autres au niveau du plateau) de 200 m x 200 m ont été installés dans chacun de ces modes d'utilisation des terres (*Figure 2*). Au total 12 placeaux dont 4 (2 au niveau de la colline de PNP et 2 autres au niveau de ZCP) ont été éliminés compte tenu de l'inaccessibilité de la colline dans ces zones. Seulement huit (8) placeaux ont été étudiés. Chaque placeau a été subdivisé en parcelles de 50 m de largeur (*Figure 2*) pour faciliter la collecte des données et éviter les répétitions et omissions. Ces tailles et ce nombre des placeaux ont été fixés par type d'habitat en vue d'obtenir une meilleure représentativité des individus de l'espèce; ceux-ci étant répartis de façon éparse. Les mesures effectuées portent sur la localisation de chaque arbre et son diamètre. Les arbres retenus sont ceux ayant un diamètre à hauteur d'homme ($D_{1,30m}$) supérieur ou égal à 10 cm pour toutes les espèces végétales confondues, sauf pour les baobabs où tous les individus sont retenus. La localisation de l'arbre consiste à mesurer l'azimut, la pente et la distance entre individus les plus proches. Sur chaque arbre, le diamètre à 1,3 m du sol est mesuré avec le ruban Π .

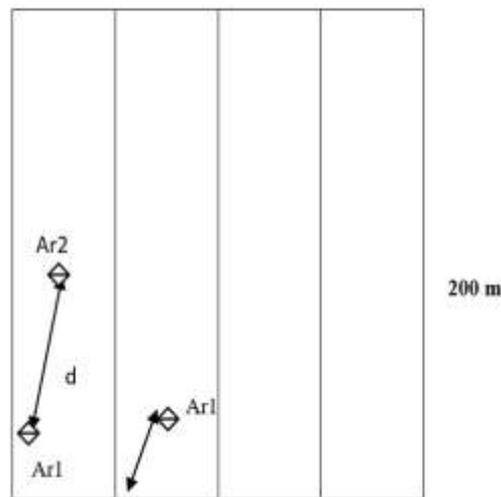


Figure 2 : Dispositif de cartographie des individus dans les placeaux de 200 m x 200 m

Légende : d : distance entre deux individus consécutifs; Ar1 : arbre 1 et Ar2 : arbre 2

2-3. Analyse des données

Pour chaque mode d'utilisation des terres, les données d'azimut, de pente et de distance entre individus proches ont été encodées grâce au Tableur Excel. Ces données ont été ensuite soumises au logiciel Arpent 1.3.d. et les coordonnées x et y des arbres ont été automatiquement générées. La distribution spatiale a été réalisée grâce au package «Spatstat» du logiciel R version 3.1.2. Les modèles univarié et bivarié ont été utilisés en vue d'appréhender d'une part la tendance globale des peuplements et d'autre part la répartition spatiale des baobabs vis-à-vis des autres espèces végétales. A cet effet, nous avons utilisé la fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus [17] pour tester (1) si les échantillons observés peuvent être considérés comme ayant une distribution régulière, aléatoire ou agrégée, et (2) si la relation entre deux types de points échantillonnés suggère une association spatiale, une répulsion, ou une indépendance (interaction).

La fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus est une mesure normalisée de la façon dont, en moyenne, une plante perçoit la densité d'autres plantes suivant la distance croissante finie r au sein de la communauté dans laquelle elle vit [18]. La fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus d'un processus stationnaire de point est :

$$G(r) = \frac{K'(r)}{2\pi r}, \quad (1)$$

où, $K'(r)$ étant la dérivée de $K(r)$, π étant une constante, deuxième fonction réduite du moment («Ripley's K function») [19] pour le processus de points. Pour un processus stationnaire de Poisson, la fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus est identiquement égale à 1.

La fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus de type croisé est une généralisation de la fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus aux modèles de point de multitype. Pour un processus stationnaire de point de multitype, la fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus de type croisé entre les points i et j est formellement définie [20] comme :

$$G_{i,j}(r) = \frac{K'_{i,j}(r)}{2\pi r} \quad (2)$$

Où $K'_{i,j}$ étant la dérivée du croix-type K de fonction de $K_{i,j}(r)$ du processus de point. Pour n'importe quel modèle de point marqué, dans lequel les points de type i sont indépendants des points de type j , la valeur théorique de la fonction de corrélation spatiale entre paires d'individus de type croisé est $G_{i,j}(r) = 1$. Les tests de modèle spatial / association sont tous construits de la même manière. La fonction estimée est comparée à la fonction théorique sous l'hypothèse nulle, H_0 (aspect aléatoire spatial complet pour les tests de configuration spatiale ou l'indépendance spatiale pour les tests d'association spatiale), à travers un test statistique dont la valeur de l'hypothèse nulle attendue est la même à toutes les distances. Le test de signification est estimé par la procédure Monte Carlo. Les limites de rejet pour le test sont estimées comme les enveloppes de simulations, sous H_0 , des modèles spatiaux de la même densité que l'échantillon observé. Nous avons utilisé 500 simulations pour calculer des tests au niveau de confiance de 5 %. Dans le cas où $G(r)$, pour une échelle r donnée, est en dehors des enveloppes de simulation, l'hypothèse nulle est rejetée à cette échelle. Pour un modèle univarié de points, $G(r) = 1$ indique un caractère aléatoire, pendant que $G(r) > 1$ et $G(r) < 1$ indiquent respectivement des caractères agrégatif et régulier. Et pour un modèle bivarié, $G_{i,j}(r) = 1$ indique indépendance spatiale tandis que $G_{i,j}(r) > 1$ et $G_{i,j}(r) < 1$ indiquent respectivement une association positive (attraction) et une association négative (répulsion). Une analyse de variance (ANOVA) et les méthodes de Student Newman keuls (SNK) ont été effectuées dans le logiciel R 3.1.2 grâce au package «agricolae» sur les stades de développement (juvéniles et adultes) des baobabs, entre les modes d'utilisation des terres (PNP, ZCP et ZOC), les reliefs (Plateau et colline) et les formations végétales (fermée et ouverte) pour étudier l'impact des modes d'utilisation des terres sur les juvéniles/adultes des baobabs. Avant cela, les diamètres à 1,30 m du sol des stades de développement des baobabs, ont été encodés à l'aide du Tableau Excel. Nous avons considéré les baobabs juvéniles et adultes par rapport aux travaux effectués par [7, 21], qui ont constaté que les arbres dont le diamètre est inférieur à 100 cm pourraient être considérés comme juvéniles, car la production de fruits était insignifiante par rapport à celle des arbres de diamètre supérieur à 100 cm de diamètre, qui ont ensuite été considérée comme adultes. La distribution par classe de grosseur (SCD) de deux espèces (*A. digitata* et *Anogeissus leiocarpa*) ont été analysées sur la base de formations végétales (fermée et ouverte) et des reliefs (plateau et colline) pour les trois habitats. Le choix de *Anogeissus leiocarpa* comme témoin dans cet objectif, était pour voir, est ce que l'impact des modes d'utilisation des terres sur la démographie du baobab, est le même sur les espèces. *Anogeissus leiocarpa* se trouvait un peu

partout dans les placeaux installés dans les trois habitats dont elle est considérée comme représentante des autres espèces végétales. Pour l'analyse, les individus de ces deux espèces ont été subdivisés en classe de diamètre d'amplitude 5cm. La stabilité de la démographie a été évaluée en utilisant les classes de diamètre suivant la méthode proposée par [22]. Une régression linéaire simple a été réalisée en utilisant le centre des classes comme une variable indépendante et l'effectif des classes comme une variable dépendante. La pente du modèle de régression a été utilisée comme un indicateur de la stabilité démographique. En général, une pente négative indique un bon recrutement, une pente nulle indique un nombre égal d'individu dans les classes de petits diamètres et les classes de grands diamètres alors qu'une pente positive indique une absence de recrutement [23]. Une régression linéaire a été effectuée dans le logiciel R 3.1.2 pour chacune de deux espèces dans les formations végétales et sur les reliefs des trois modes d'utilisation des terres.

3. Résultats

3-1. Répartition spatiale des populations des arbres

Le résultat de l'analyse spatiale de *A. digitata* et les autres espèces végétales dans les différents modes d'utilisation des terres est illustré aux **Figures 3, 4 et 5**. L'observation visuelle des différentes figures montre que les individus de baobab sont distribués aléatoirement quel que soit le type d'habitat à l'exception de plateau 2 (**Figure 3**) et de plateau 4 (**Figure 4**) où la distribution est agrégative.

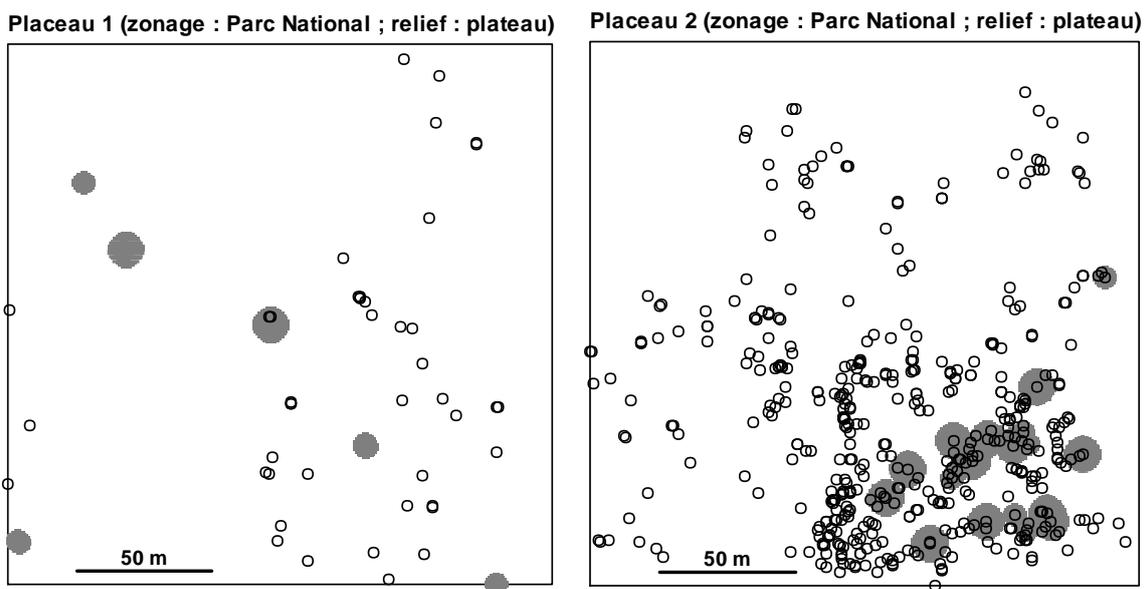


Figure 3 : Placeaux montrant la distribution spatiale des adultes du baobab dans le Parc National de la Pendjari

Légende : ● : adultes du baobab, ● : juvénile du baobab et des autres espèces végétales (○) pour les trois habitats.

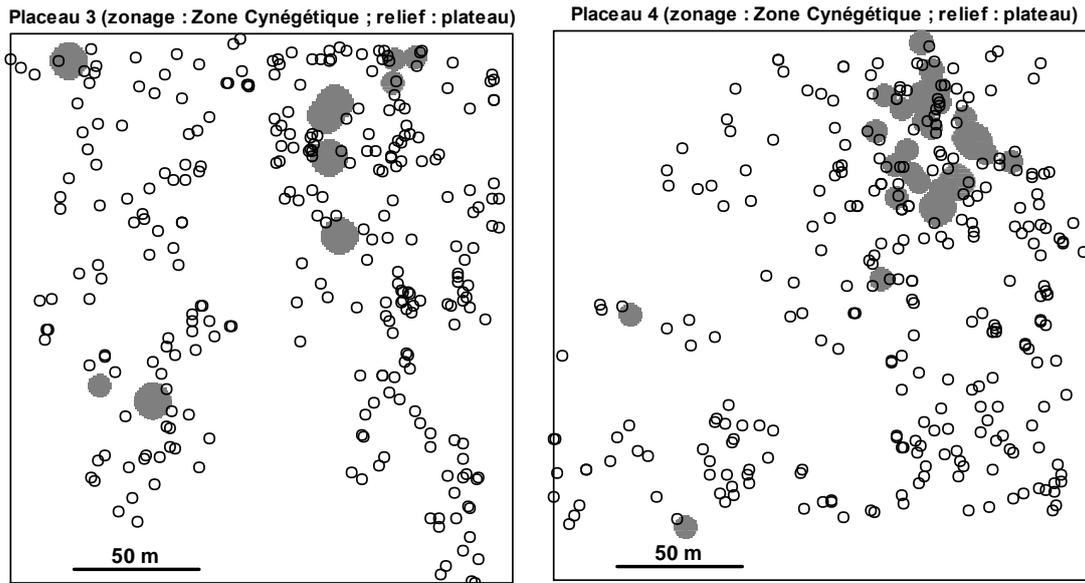
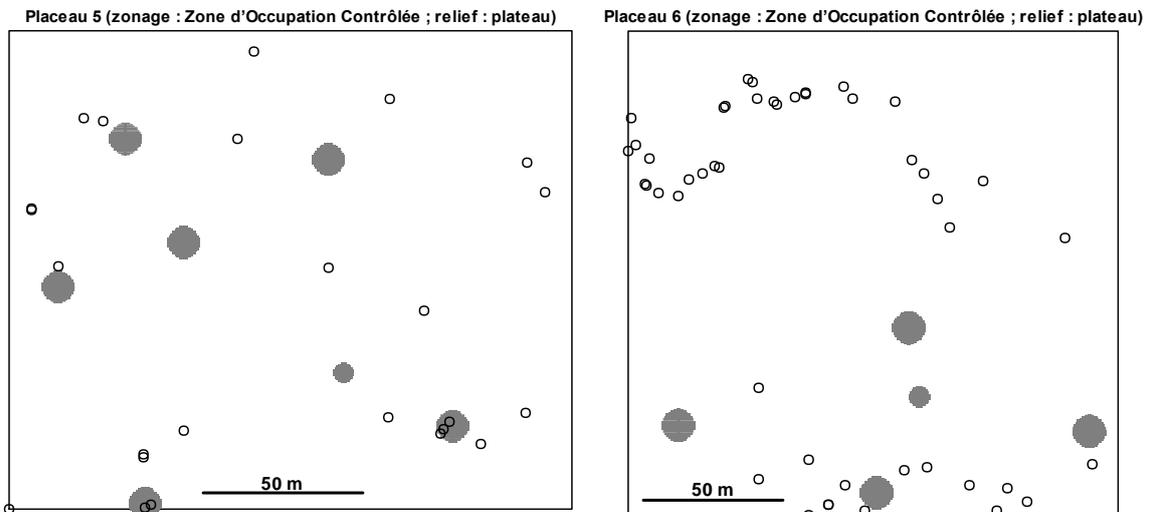


Figure 4 : *Placeaux montrant la distribution spatiale des adultes du baobab dans la zone cynégétique de la Pendjari*

Légende : (●) adultes du baobab, (●) juvénile du baobab et des autres espèces végétales (○) pour les trois habitats



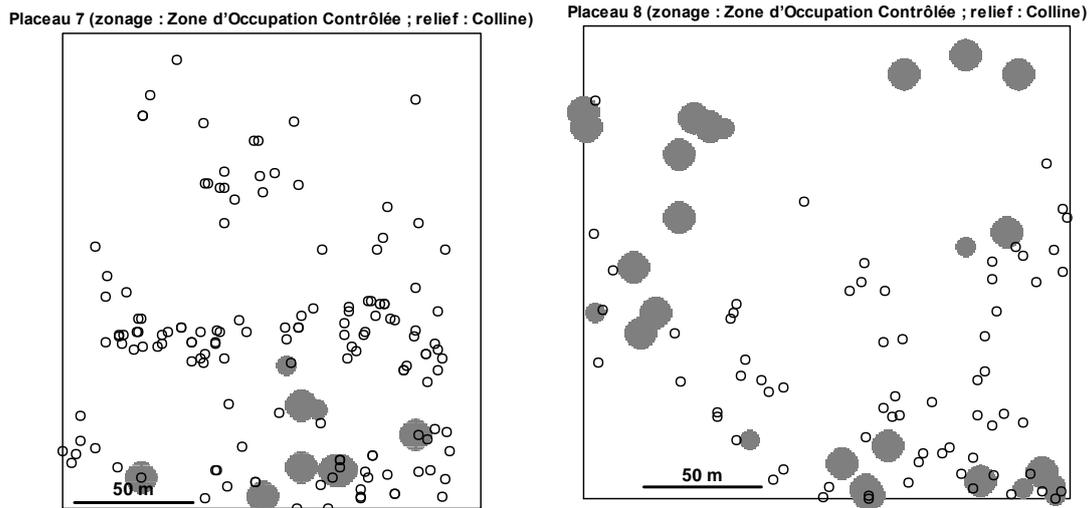


Figure 5 : Placeaux montrant la distribution spatiale des adultes du baobab dans la zone d'occupation contrôlée

Légende : (●) adultes du baobab, (●) juvénile du baobab et des autres espèces végétales (○) pour les trois habitats.

Pour le modèle univarié, les résultats de l'analyse de la répartition spatiale montrent qu'en général tous les individus du baobab ont une distribution aléatoire (la valeur de $g(r)$ est égale à 1) dans les trois (3) modes d'utilisation des terres (**Tableau 1 et Figure 6**). Cependant l'exception est faite pour le Placeau 1 du PNP (0 à 3 m de distance) et le Placeau 2 de la ZCP (**Tableau 1**) où la distribution est agrégative (la valeur de $g(r)$ est supérieure à 1). Pour les autres espèces végétales, la distribution est agrégative dans son ensemble (**Tableau 1 et Figure 7**).

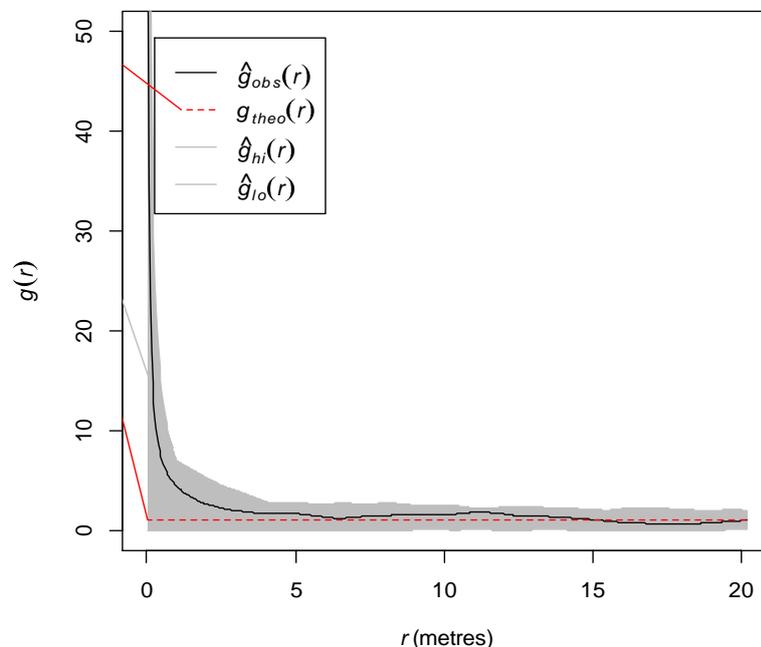


Figure 6 : Représentation de la distribution aléatoire du baobab dans les trois habitats

Légende : $g_{obs}(r)$ = données du terrain, $g_{théo}(r)$ = valeur théorique, $g_{hi}(r)$ = limite supérieure de l'enveloppe et $g_{lo}(r)$ = limite inférieure de l'enveloppe

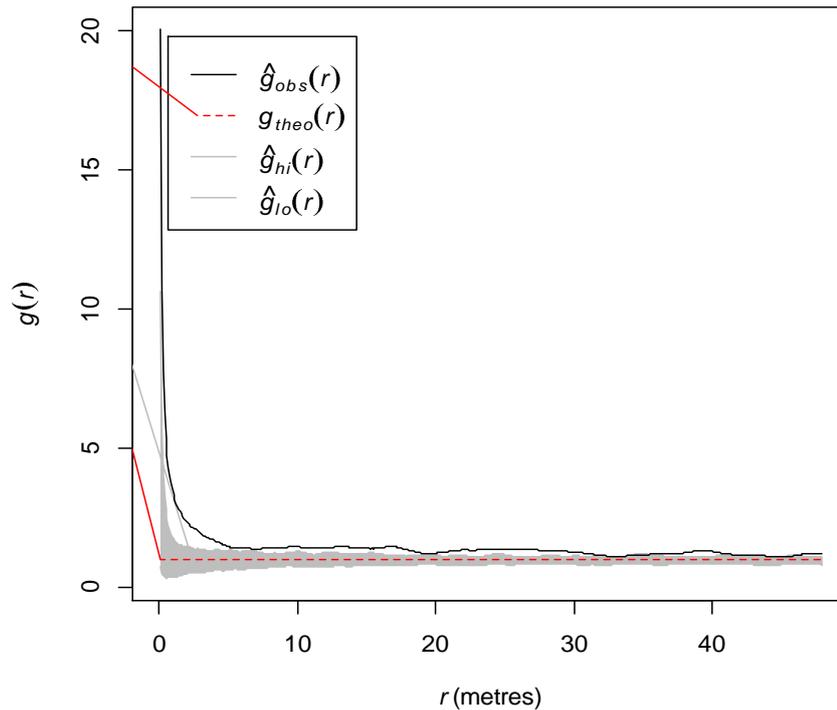


Figure 7 : Représentation de la distribution agrégative des autres espèces végétales dans les trois habitats

Légende : $g_{obs}(r)$ = données du terrain, $g_{théo}(r)$ = valeur théorique, $g_{hi}(r)$ = limite supérieure de l'enveloppe et $g_{lo}(r)$ = limite inférieure de l'enveloppe

Pour le modèle bivarié, les résultats de l'analyse de la répartition spatiale révèlent que les baobabs sont indépendants (la valeur de $g(r)$ est égale à 1) des autres espèces végétales (**Tableau 1 et Figure 8**), mais en association (la valeur de $g(r)$ est supérieur à 1) à partir de plus d'un mètre de distance dans les placeaux 2 et 4 (**Tableau 1**). La répartition des pieds de baobabs juvéniles est indépendante de celle des baobabs adultes (**Tableau 1**) à l'exception du placeau 4 où ils présentent une structure associative d'une distance de 0 m à 7 m et de 25 m à 32 m (**Figure 9**). Ces résultats permettent d'affirmer que la structure spatiale des adultes de *A. digitata* est fortement influencée par les modes d'utilisation des terres.

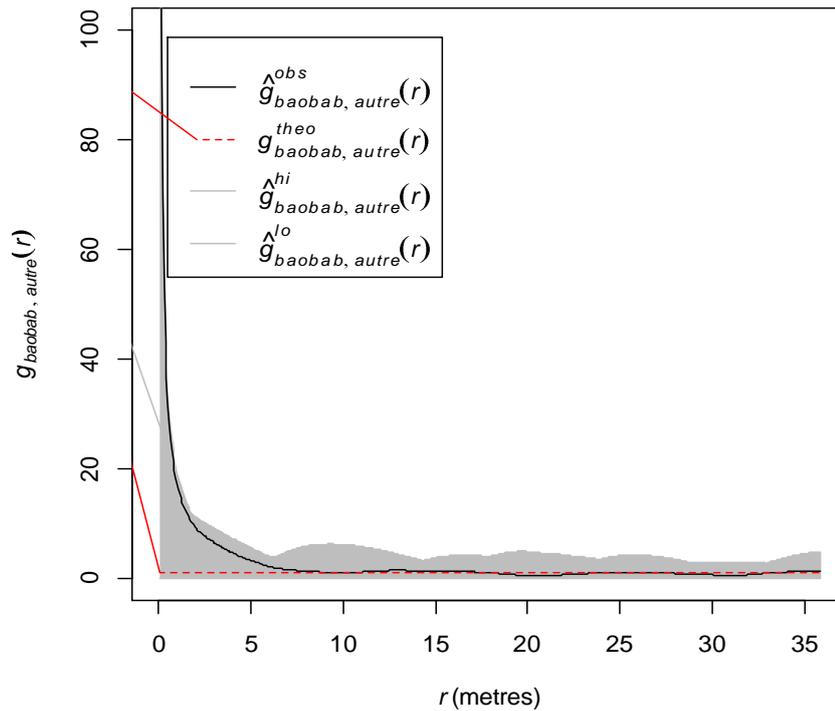


Figure 8 : Représentation montrant l'indépendance du baobab aux autres espèces végétales dans les trois habitats

Légende : $g_{obs}(r)$ = données du terrain, $g_{theo}(r)$ = valeur théorique, $g_{hi}(r)$ = limite supérieure de l'enveloppe et $g_{lo}(r)$ = limite inférieure de l'enveloppe

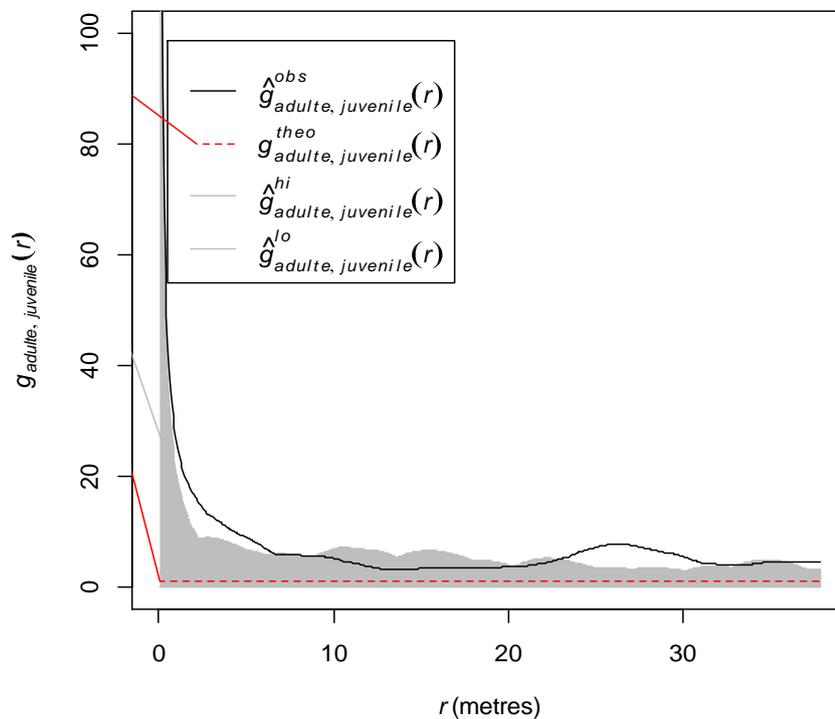


Figure 9 : Représentation montrant l'association et indépendance de baobabs juvéniles et adultes dans les trois habitats

Légende : $g_{obs}(r)$ = données du terrain, $g_{theo}(r)$ = valeur théorique, $g_{hi}(r)$ = limite supérieure de l'enveloppe et $g_{lo}(r)$ = limite inférieure de l'enveloppe

Tableau 1 : Résumé des résultats de l'analyse de la distribution spatiale des baobabs et les autres espèces végétales dans les trois habitats

Zones	baobabs	Autres espèces	Baobabs x autres espèces	Baobabs: adulte x juvénile
Parc 1	Grégaire (0 < r < 3 m); Aléatoire (r > 3 m)	Grégaire (0 < r < 2 m); Aléatoire (r > 2 m)	Indépendant	Indépendant
Parc 2	Aléatoire	Grégaire	Indépendant (0 < r > 1 m) Associative (r > 1 m)	Indépendant
Cynégétique 1	Aléatoire	Grégaire	Indépendant	Indépendant
Cynégétique 2	Grégaire	Grégaire	Indépendant (0 < r > 1 m) Associative (r > 1 m)	Association (0 < r > 7 m et 25 < r > 32 m) Indépendant (7 < r > 25 m)
ZOC plateau 1	Aléatoire	Grégaire (0 < r > 1 m) Aléatoire (r > 1 m)	Indépendant	Indépendant
ZOC plateau 2	Aléatoire	Grégaire (0 < r > 21 m) Aléatoire (r > 21 m)	Indépendant	-
ZOC colline 1	Aléatoire	Grégaire (0 < r > 20 m) Aléatoire (r > 20 m)	Indépendant	Indépendant
ZOC colline 2	Aléatoire	Aléatoire (0 < r > 18 m et r > 27 m) Grégaire (18 < r > 27 m)	Indépendant	Indépendant

3-2. Impact des modes d'utilisation des terres sur la densité de baobab

Les analyses de variance ont montré que la densité des baobabs juvéniles varie significativement suivant le zonage ($P \leq 0,05$) (**Tableau 2**). Les tests SNK spécifient que la différence a été remarquée au niveau de ces trois habitats (PNP, ZCP et ZOC). Elle varie de 35,33 juvéniles/ha à 7,33 juvéniles/ha suivant les gradients de pression croissante respectivement PNP, ZCP et ZOC (**Tableau 3**). Au contraire, les différences observées parmi les baobabs adultes se sont avérées non significatives au seuil de 5 % entre les zonages ($P \geq 0,05$) (**Tableau 4**).

Tableau 2 : Résultats de l'analyse de variance des juvéniles dans les trois habitats

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Zonage	2	7840	3920	3,946	0,0294
Relief	1	436	436	0,438	0,5126
Végétation	1	3738	3738	3,763	0,0613
Zonage: Végétation	2	2431	1216	1,224	0,3075
Relief: Végétation	1	9	9	0,009	0,9252
Residuals	32	31787	993		

Tableau 3 : Résultats de tests SNK des juvéniles dans les zonages

Zonage	Densité des juvéniles
Parc National	35,33 ± 13,7a
Zone cynégétique	35,33 ± 14,9a
Zone d'Occupation Contrôlée	7,33 ± 1,87b

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de variance des adultes dans les trois habitats

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Zonage	2	308,9	154,44	1,944	0,16
Relief	1	20	20	0,252	0,619
Végétation	1	0	0	0	1
Zonage: Végétation	2	6,7	3,33	0,042	0,959
Relief: Végétation	1	55,6	55,56	0,699	0,409
Residuals	32	2542,2	79,44		

Les analyses de variance effectuées sur les baobabs juvéniles de la zone d'occupation contrôlée révèlent une différence significative au seuil de 5 % ($P > 0,05$) (**Tableau 5**). Les résultats du test SNK comparant la densité de baobabs juvéniles sur les reliefs (Plateau et Colline) et les formations végétales (fermée et ouverte) de la zone anthropisée (ZOC), ont montré que cette densité est élevée (13,33 juvéniles/ha) pour la végétation fermée sur colline et est nulle pour la végétation ouverte sur plateau (**Tableau 6**).

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de variance des juvéniles dans la ZOC

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Habitat	3	524,4	174,8	3,496	0,0402
Residuals	16	800	50		

Tableau 6 : Résultats de l'analyse des tests SNK des juvéniles dans la ZOC

Habitat	Densité des juvéniles
Végétation fermée sur colline	13,33 ± 3,65a
Végétation ouverte sur colline	10,67 ± 3,4ab
Végétation fermée sur plateau	5,33 ± 3,89ab
Végétation ouverte sur plateau	0 ± 0b

3-3. Impact de mode d'utilisation des terres sur la démographie du baobab

Le résultat de l'analyse de régression linéaire réalisée sur les deux (2) espèces à savoir *A. digitata* et *A. leiocarpa* considérées en relation avec les modes d'utilisation des terres, le relief (plateau et colline) et les formations végétales (fermée et ouverte), nous révèle que les deux espèces ont les pentes de distribution par classe de grosseur (SCD) qui sont négatives, à l'exception de la zone anthropisée sur colline et la formation ouverte (positif). Les pentes SCD varient de 2,78 à -60,34 pour les deux espèces dans les trois habitats. Le **Tableau 7** montre d'une manière générale que sur les reliefs et les formations ouvertes du Parc National de la Pendjari (PNP) et la zone cynégétique de la Pendjari (ZCP) et dans la zone d'occupation contrôlée (ZOC) sur le plateau et la formation fermée, les baobabs ont une structure instable ($P > 0,05$). Par contre au niveau du PNP et ZCP sur le plateau et les formations fermées et dans la zone d'occupation contrôlée sur le plateau et la formation végétale ouverte, les baobabs ont une structure stable ($P < 0,05$). Les signes négatifs de la pente SCD signifient que le nombre des individus diminue au fur et à mesure que le diamètre augmente autrement dit les jeunes individus sont abondants dans les petits diamètres contrairement au signe positif.

Tableau 7 : Résultats de l'analyse de régression linéaire sur la démographie des baobabs

Zonage	Relief	Végétation	Espèce	Pente	Probabilité	R ²
Parc	Plateau	Fermée	<i>A. digitata</i>	-12,84	0,002	0,23
			<i>A. leiocarpa</i>	-0,43	0,003	0,84
Parc	Plateau	Ouverte	<i>A. digitata</i>	-16,09	0,163	0,02
			<i>A. leiocarpa</i>	-0,83	0,016	0,86
Cynégétique	Plateau	Fermée	<i>A. digitata</i>	-24,29	0,000	0,37
			<i>A. leiocarpa</i>	-0,93	0,001	0,89
Cynégétique	Plateau	Ouverte	<i>A. digitata</i>	-4,67	0,498	-0,02
			<i>A. leiocarpa</i>	-2,15	0,011	0,57
ZOC	Plateau	Fermée	<i>A. digitata</i>	-15,72	0,275	0,01
			<i>A. leiocarpa</i>	-0,97	0,023	0,71
ZOC	Plateau	Ouverte	<i>A. digitata</i>	-60,34	0,003	0,17
			<i>A. leiocarpa</i>	-3,75	0,215	0,27
ZOC	Colline	Fermée	<i>A. digitata</i>	-22,91	0,032	0,09
			<i>A. leiocarpa</i>	-0,29	0,035	0,76
ZOC	Colline	Ouverte	<i>A. digitata</i>	2,78	0,821	-0,03
			<i>A. leiocarpa</i>	-6,35	0,003	0,70

4. Discussion

4-1. Répartition spatiale des populations des arbres

Les résultats de l'analyse statistique de la répartition spatiale des populations de *A. digitata*, des différents modes d'utilisation des terres sont généralement situés à l'intérieur de l'intervalle de confiance. Ceci signifie que les individus de baobab dans ces zones ont montré dans l'ensemble le caractère aléatoire. Des résultats similaires ont été trouvés par [3] qui dans leur étude sur «La caractérisation de quelques peuplements naturels de Baobab (*Adansonia digitata* L.) et des pressions subies dans les différentes zones chorologiques du Bénin», ont trouvé que le baobab a une distribution globalement aléatoire. Cette distribution observée et surtout la faible densité des individus de la régénération pourraient être le fruit des activités anthropiques [3] et les menaces d'origine naturelle [4]. Ce qui peut affecter négativement leur viabilité et leur survie [13]. Ce qui corrobore les résultats obtenus par [24] qui ont rapporté que *A. digitata* a une dispersion relativement irrégulière et inégale dans la savane et est souvent associée à des établissements humains. En effet, l'agrégation dans une partie du Parc et dans la zone cynégétique peut être expliquée par l'hétérogénéité environnementale, à la dispersion de graine et aux interactions entre les plantes. Les autres espèces végétales présentent une structure agrégative bien prononcée dans la zone cynégétique et dans le Parc National de la Pendjari et moins prononcée dans la zone d'occupation contrôlée et dans le Parc. En effet, trois causes possibles (hétérogénéité du milieu, grégarité, faible mobilité) expliquent que la répartition agrégative soit quasiment la règle dans le règne végétal. Pour le modèle bivarié, les résultats de l'analyse de la répartition spatiale révèlent d'une manière générale qu'il y a indépendances observées entre les baobabs adultes et juvéniles et entre les individus de baobab et les autres espèces végétales au niveau des trois habitats. Cette indépendance est due probablement aux actions anthropiques telles que les différentes pratiques agricoles et abattage d'une façon abusive des individus adultes du peuplement à des fins de construction dans la zone anthropisée. Par ailleurs, dans les aires protégées, cette indépendance entre les arbres est due aux prélèvements et piétinements des jeunes peuplements par les animaux, car le recrutement peut être trop bas pour remplacer les adultes morts dus à la sénescence. Un autre facteur susceptible d'influencer les dégâts d'éléphants sur les arbres de baobab est la fréquence d'apparition des saisons sèches

sévères. Comme la fréquence des saisons sèches sévères augmente, il en va de la diminution de la quantité de nourriture disponible à partir d'herbes; par conséquent, les éléphants sont confrontés à un stress nutritionnel, consomment les écorces des arbres [16] (*Photo 1 et 2*). L'association positive entre le baobab et les autres espèces végétales; d'une part entre les baobabs adultes et les baobabs juvéniles d'autre part aussi bien dans les placeaux installés dans le Parc que dans la zone cynégétique (*Tableau 1*), montre en effet une bonne association dans ces deux habitats étant donné que ces milieux sont protégés et il y a une bonne interaction entre ces espèces.



Photo 1 : Les juvéniles de baobab broutés par l'éléphant. Cliche E. waya



Photo 2 : Le tronc de baobab adulte brouté par l'éléphant. Cliche E. waya

4-2. Impact de mode d'utilisation des terres sur la densité du baobab

La densité des juvéniles de *A. digitata* sont plus élevée dans le Parc National de la Pendjari et dans la zone cynégétique (35,33 juvéniles/ha) que dans la zone d'occupation contrôlée (7,33 juvéniles/ha) (*Tableau 3*). L'abondance relativement élevée de *A. digitata* dans le Parc et la zone cynégétique comparée à la zone d'occupation contrôlée est due au fait que l'espèce bénéficie d'une protection par la surveillance de ces zones et les activités anthropiques sont limitées en particulier et sont restreintes à la chasse sportive des gibiers (zone cynégétique) et aux tourisimes de vision (PNP et ZCP). Ces résultats expliquent l'abondance des juvéniles observés dans les aires protégées contrairement à la zone anthropisée. Cette faible densité observée dans la zone d'occupation contrôlée pourrait être due aux actions anthropiques telles que les pratiques agricoles et les feux de végétation ou du pâturage des animaux. Par ailleurs, tous les organes (fruits, feuilles, écorces, etc.) des baobabs sont consommés par les hommes. Ces résultats sont confirmés par [5], qui ont trouvé dans la recherche que la régénération de baobab est très faible dans les localités de Mokolo et Rey-Bouba (zone anthropisée) du Cameroun et les grands individus se maintiennent. Le faible recrutement a été observé aussi en Namibie [9]. Le manque de juvéniles dans la ZOC sur la végétation ouverte et sur le plateau a été noté dans d'autres études au Kenya [11, 12], en Afrique de l'Ouest [25], en Afrique du Sud [26] et au Malawi [27] en raison de l'herbivorie, du défrichage par les agriculteurs et des incendies. De plus, [7] ont montré que le baobab produisait suffisamment de graines viables, mais l'absence de conditions climatiques favorables à leur développement est le principal facteur à la faible régénération observée. L'analyse de la variance sur les adultes de baobab montrés qu'il n'y a pas une différence significative ($P > 0,05$) entre les trois habitats. La densité des tiges enregistrée dans les différents systèmes d'utilisation des terres (*Tableau 4*) est comparable aux rapports d'Afrique du Sud [26], de Namibie [9] et du Zimbabwe [28] où la densité des baobabs ne différerait pas entre les différentes zones d'étude mais différerait en termes d'utilisation des terres [13]. Malgré les effets négatifs des animaux surtout les éléphants [16] et anthropiques respectivement l'écorçage

et les récoltes des feuilles [7] sur les adultes de baobab. La densité des adultes ne varie pas suivant les modes d'utilisation des terres, cela est dû à leur cycle de vie très long et leur faible taux de mortalité [13] et aux résistances que les adultes font face aux stress hydriques, aux maladies et aux actions anthropiques [7]. Les résultats de l'analyse SNK effectuée sur les juvéniles de la zone anthropisée, ont révélé que la densité est élevée (13,33 juvéniles par habitat) pour la végétation fermée sur colline et est nulle pour la végétation ouverte sur plateau. Les feux de végétation récurrents utilisés par les agriculteurs affectent également les jeunes plants de l'espèce [3]. L'effet inhibiteur du passage fréquent du feu sur la régénération dans les écosystèmes savanicoles, il est espéré que le baobab ne se régénère que dans les formations végétales fermées. [29] pense qu'en plus des activités anthropiques, les facteurs climatiques et édaphiques influencent sur le développement des espèces. La forte densité des juvéniles observée sur la végétation fermée sur colline pourrait être expliquée par le fait que l'espèce y ait trouvée un refuge sur les affleurements rocheux donc échappe pour l'instant à une pression accrue des êtres vivants, car la zone n'est pas facilement accessible. Des observations similaires ont été signalés dans le Parc National du Lac Manyara (Tanzanie) et le Parc National de Kruger en Afrique du Sud où les habitats avec une topographie rocheuse ou fortement sont considérés comme un lieu des refuges pour les baobabs contre les dégâts des éléphants [16]. La faible densité des juvéniles observée dans la zone anthropisée sur plateau et la formation ouverte pourrait être due au ramassage des fruits et à la récolte des feuilles qui réduisent les performances de l'espèce. Les croyances traditionnelles chez les Mafa impact négativement sur les populations de baobab. Chez les Mafa et Zulgo (Mokolo, Cameroun), protéger un pied de baobab à proximité des habitations ou dans un champ porte malheur à la famille. C'est la raison pour laquelle les jeunes pieds sont systématiquement éliminés lors des défrichements cultureux [5].

4-3. Impact de mode d'utilisation des terres sur la démographie du baobab

Les études dendro-démographique du baobab révèlent que la structure de sa population est stable dans la formation fermée sur plateau (au niveau du Parc et la zone cynégétique) et dans la formation ouverte et fermée respectivement sur plateau et colline (zone anthropisée) (*Tableau 7*). Contrairement à la formation ouverte sur plateau (Parc et zone de cynégétique) et dans la formation fermée sur plateau et ouverte sur colline (la zone anthropisée) (*Tableau 7*). La stabilité de la population du baobab dans les formations fermées, peut être expliquée par une prédation peu importante sur ses fruits, par l'inaccessibilité du milieu et par les actions anthropiques moins importantes surtout dans les aires protégées. La pente de la distribution par classe de grosseur (SCD) indique qu'il y a un nombre important des individus dans les classes plus petites que dans les grandes. Cette pente SCD est sous forme de J renversé ce qui caractérise les espèces avec le rajeunissement abondant et constant. Dans les formations ouvertes, il y a instabilité, malgré leur recrutement important. La croissance des individus est compromise, par la présence du bétail, les éléphants et des babouins qui réduisent la stabilité des individus des baobabs respectivement par piétinement empêchant la croissance de semis et par la prédation sur les fruits immatures et par conséquent réduire la tolérance à la récolte de fruits sur le long terme en raison de l'absence de recrutement [7, 21]. Les formations ouvertes indiquent qu'il y a eu passage des feux. Le feu est connu pour diminuer la survie des semis dans la savane [16]. La récolte commerciale de ces parties de la plante doit être fortement déconseillée. L'élimination des fruits peut avoir un impact négatif sur les espèces animales frugivores [7]. Lorsque les fruits mûrs sont disponibles, les babouins comptent sur ceux-ci comme une source de nourriture tard dans la saison [7]. Cette instabilité peut s'expliquer aussi par les résultats obtenus par [7, 21] qui ont constaté que la consommation et le piétinement par le bétail ont entraîné jusqu'à la mortalité des gaules de 87 % et une perte jusqu'à 85 % de fruits a été trouvée dans les zones où les babouins prélèvent les fruits immatures. Et la mortalité des arbres adultes est une autre menace potentielle pour les populations de baobabs. La récolte excessive d'écorce pour le tissage peut tuer les baobabs adultes [7]. Dans les zones où les éléphants dépouillent l'écorce

des baobabs (*Photo 2*), cela a aussi conduit à la perte à grande échelle des arbres adultes. Cette perte des arbres adultes réduit le taux de régénération. Cette instabilité peut être expliquée par le constat fait au terrain lors de notre recherche, les populations des arbres fournissant les PFNL sont entrain de décliner à cause de l'intensification de l'utilisation des terres et des surexploitations. L'instabilité du baobab est la conséquence des récoltes de produits forestiers non ligneux concernant les organes végétatifs ainsi que les parties sensibles et fondamentales des plantes (organes reproducteurs) [30].

5. Conclusion

Cette étude qui consiste d'analyser la structure spatiale, la démographie et d'évaluer l'impact des modes d'utilisation des terres sur la densité des juvéniles et des adultes de baobab dans les trois habitats (PNP, ZCP et ZOC) de la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Nord- Ouest du Bénin. De cette étude, il ressort que la densité des juvéniles de *A. digitata* est importante dans le Parc National et la zone cynégétique de la Pendjari que dans la zone d'occupation contrôlée alors que celle des baobabs adultes ne varient pas significativement dans les trois habitats. La répartition spatiale de *A. digitata* est globalement aléatoire. L'intense utilisation des terres affecte négativement les caractéristiques démographiques et structurales des individus de *A. digitata*, menant à la modification de leur mode de distribution dans l'espace. L'accroissement de la population et les actions anthropiques accentuent ces phénomènes de dégradation. Ce qui constitue une entrave pour la conservation de baobabs dans cette Réserve de Biosphère de la Pendjari. Pour contribuer à conserver l'espèce, une sensibilisation des populations s'impose et de proposer des stratégies pour une meilleure conservation de cette importante ressource.

Références

- [1] - A. MAMA, B. SINSIN, C. DE CANNIERE, J. BOGAERT, Anthropisation et dynamisation des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *Tropicultura*, 31 (1) (2013) 78 - 88
- [2] - S. SOULAMA, K. ABEL, B. M. I. NACOULMA, T. SALIFOU, Y. BACHMANN et A. THIOMBIANO, Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. *Journal of Applied Biosciences*, 87 (2015) 8047 - 8064
- [3] - K. DOSSA, H. TONI, P. AZONANHOUN, A. B. DJOSSA, Caractérisation de quelques peuplements naturels de Baobab (*Adansonia digitata* L.) et des pressions subies dans les différentes zones chorologiques du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 93 (2015) 8760 - 8769
- [4] - M. M. ABDILLAHI, Caractérisation écologique de la végétation sèche a baobab et biogéographie de *Adansonia digitata* de l'archipel des Comores. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en sciences de la vie et de l'environnement, spécialité: sciences du végétal. Université d'Antananarivo domaine sciences et technologies, mention biologie et écologie végétale, (2017) 192 p.
- [5] - G. FAWA, C. BAYE-NIWAH, A. DONA, A. TEMWA, N. NENBE et P. M. MAPONGMETSEM, Caractérisation écologique et morphologique de *Adansonia digitata* L. (Baobab) en zone soudano-sahélienne du Cameroun. *Afrique SCIENCE*, 18 (2) (2021) 27 - 41
- [6] - B. BELEM, F. KAGUEMBEA-MUELLER, R. BELLEFONTAINE, J. P. SORG, U. BLOESCH et E. GRAF, Assisted Natural Regeneration with Fencing in the Central and Norther Zones of Burkina Faso. *Tropicultura*, 35 (2) (2017) 73 - 86

- [7] - S. M. VENTER et ED. T. F. WITKOWSKI, Using a deterministic population model to evaluate population stability and the effects of fruit harvesting and livestock on baobab (*Adansonia digitata* L.) populations in five land-use types. *Forest Ecology and Management*, 303 (2013) 113 - 120
- [8] - S. MARTINUZZI, J. C. WITHEY, A. M. PIDGEON, A. J. PLANTINGA, A. J. MCKERROW, S. G. WILLIAMS, D. P. HELMERS et V. C. RADELOFF, Future land-use scenarios and the loss of wildlife habitats in the southeastern United States. *Ecological Applications*, 25 (2015) 160 - 171
- [9] - F. MUNYEBVU, I. MAPAURE, E. G. KWEMBEYA, Abundance, structure and uses of Baobab (*Adansonia digitata* L.) populations in Omusati Region, Namibia. *South African J. Bot.*, 119 (2018) 112 - 118
- [10] - M. OMONDI, F. K. RIMBERIA, C. M. WAINAINA, J. B. N. MUKUNDI, J. ORINA, J. GEBAUER, K. KEHLENBECK, Fruit morphological diversity and productivity of baobab (*Adansonia digitata* L.) in coastal and lower eastern Kenya. *For. Trees Livelihoods*, 28 (2019) 266 - 280
- [11] - S. FISCHER, L. JACKERING, K. KEHLENBECK, The Baobab (*Adansonia digitata* L.) in Southern Kenya a study on status, distribution, use and importance in Taita—Taveta County. *Environ. Manage.*, 66 (2020) 305 - 318
- [12] - J. ORINA, J. B. MUKUNDI, A. O. ADIMO, F. K. RIMBERIA, M. A. OMONDI, J. GEBAUER, K. KEHLENBECK, Baobab (*Adansonia digitata* L.) population structure across different agro-ecological zones in Coastal and lower Eastern Kenya. *For. Trees Livelihoods*, 30 (2021) 13 - 27
- [13] - J. K. MUSYOKI, M. M. KAIGONGI, S. M. UCHI, S. M. KIAMA, J. GITHIOMI, G. M. MUTHIKE, A. M. LUVANDA, Distribution and population status of *Adansonia digitata* L. (baobab) and its contribution to livelihood in Makueni County, Kenya, *Elsevier, Trees, Forests and People*, (8) (2022) 1 - 9
- [14] - A. C. ADOMOU, Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, (2005) 150 p.
- [15] - PLAN D'AMENAGEMENT PARTICIPATIF ET DE GESTION(PAG), Réserve de Biosphère de la Pendjari (Bénin) : 2004 — 2013. Edition 2009, (2009) 124 p.
- [16] - B. D. KASSA, B. FANDOHAN, A. F. AZIHOU, A. E. ASSOGBADJO, M. O. AYUB, F. C. KIDJO, S. BABATOUNDE, J. LIU and R. GLELE KAKA, Survey of *Loxodonta africana* (Elephantidae)-caused bark injury on *Adansonia digitata* (Malvaceae) within Pendjari Biosphere Reserve, Benin 2013 John Wiley & Sons Ltd, *Afr. J. Ecol.*, (2014) 1 - 10
- [17] - D. STOYAN et H. STOYAN, Fractals, Random shapes and point fields. Wiley, New York, (1994) 389 p.
- [18] - R. LAW, J. ILLIAN, D. BURSLEM, G. GRATZER, C. V. S. GUNATILLEKE et I. GUNATILLEKE, Ecological information from spatial patterns of plants : insights from point process theory. *Journal of Ecology*, 97 (2009) 616 - 628
- [19] - B. D. RIPLEY, Spatial statistics. Wiley, New York, (1981)
- [20] - A. BADDELEY et R. TURNER, Spatial Point Pattern analysis, model-fitting, simulation, tests. Version 1.31-3, (2013) 1130 p.
- [21] - S. M. VENTER et E. T. F. WITKOWSKI, Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit production in communal and conservation land-use types in Southern Africa. *Forest Ecology and Management*, 261 (2011) 630 - 639
- [22] - R. CONDIT, R. SUKUMAR, S. P. HUBBELL et R. B. FOSTER, Predicting population trends from size distributions : a direct test in a tropical tree community. *American Naturalist*, 152 (1998) 495 - 509
- [23] - J. OBIRI, M. LAWES et M. MUKOLWE, The dynamics and sustainable use of high value tree species of the coastal Pondoland forests of the Eastern Cape Province, South Africa. *Forest Ecology and Management*, 166 (2002) 131 - 148
- [24] - K. SCHUMANN, R. WITTIG, A. THIOMBIANO, U. BECKER et K. HAHN, Impact of land-use type and bark- and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna. West Africa. *For. Ecol. Manage.*, 260 (2012) 2035 - 2044

- [25] - K. SCHUMANN, R. WITTIG, A. THIOMBIANO, U. BECKER, K. HAHN, Impact of land-use type and bark-and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna, West Africa. *For. Ecol. Manage.*, 260 (2010) 2035 - 2044
- [26] - S. M. VENTER et E. T. F. WITKOWSKI, Baobab (*Adansonia digitata* L.) density, size-class distribution and population trends between four land-use types in northern Venda. South Africa. *For. Ecol. Manage.*, 259 (2010) 294 - 300
- [27] - S. DE SMEDT, A. C. SANCHEZ, N. VAN DEN BILCKE, D. SIMBO, G. POTTERS, R. SAMSON, Functional responses of baobab (*Adansonia digitata* L.) seedlings to drought conditions: differences between western and south-eastern Africa. *Environ. Exp. Bot.*, 75 (2012) 181 - 187
- [28] - C. MASHAPA, P. NYABAWA, P. ZISADZA-GANDIWA, J. MUVENGWI, S. KATIVU, E. GANDIWA, Status of African baobab (*Adansonia digitata*) across Gonarezhou National Park, Zimbabwe. *J. Appl. Sci. Environ. Manag.*, 18 (2014) 129 - 133
- [29] - J. NYASIRI, Anthropisation et dynamique spatio-temporelles des paysages forestiers de la falaise de Ngaoundéré (Adamaoua-Cameroun). Thèse doctorat Ph/D. Université de Ngaoundéré, (2018) 141 p.
- [30] - L. SANOU, J. KOALA, S. OUÉDRAOGO et B. OUATTARA, Perceptions, services écosystémiques et vulnérabilité des espèces ligneuses à multiples usages du 20ème site Ramsar au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest, *Afrique SCIENCE*, 20 (3) (2022) 25 - 40