

Impacts des affectations des terres sur la structure des peuplements de *Bombax costatum* en zone soudanienne du Bénin

Gnido Amandine ASSOGBA¹
Adandé Belarmain FANDOHAN²
Kisito GANDJI³
Kolawolé Valère SALAKO³
Aristide ADOMOU⁴
Achille Ephrem ASSOGBADJO¹

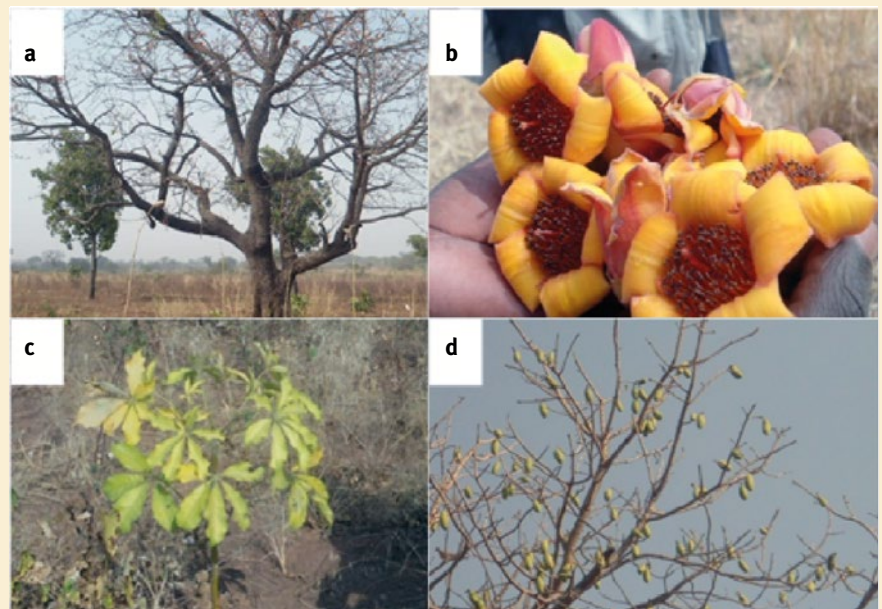
¹ Université d'Abomey-Calavi
Faculté des sciences agronomiques
Laboratoire d'écologie appliquée
01 BP 526, Cotonou
Bénin

² Université nationale d'agriculture
École de foresterie tropicale
Unité de recherche en foresterie et
conservation des bioressources
BP 43, Kétou
Bénin

³ Université d'Abomey-Calavi
Faculté des sciences agronomiques
Laboratoire de biomathématiques et
d'estimations forestières
04 BP 1525, Cotonou
Bénin

⁴ Université d'Abomey-Calavi
Faculté des sciences et techniques
Département de biologie végétale
01 BP 4521, Cotonou
Bénin

Auteur correspondant /
Corresponding author:
Kisito Gandji - gkisito@gmail.com



Photos 1.

Arbre de *Bombax costatum* (a), ses fleurs (b), ses feuilles sur une jeune plantule (c) et l'arbre en fructification (d).

Bombax costatum tree (a), its flowers (b), its leaves on a young seedling (c) and the tree in fruit (d).

Photos G. A. Assogba.

Doi : 10.19182/bft2021.348.a36743 – Droit d'auteur © 2021, Bois et Forêts des Tropiques – © Cirad – Date de soumission : 8 avril 2020 ; date d'acceptation : 9 février 2021 ; date de publication : 18 juin 2021.



Licence Creative Commons :
Attribution - 4.0 International.
Attribution-4.0 International (CC BY 4.0)

Citer l'article / To cite the article

Assogba G. A., Fandohan A. B., Gandji K., Salako K. V., Adomou A., Assogbadjo A. E., 2021. Impacts des affectations des terres sur la structure des peuplements de *Bombax costatum* en zone soudanienne du Bénin. Bois et Forêts des Tropiques, 348 : 37-48. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2021.348.a36743>

RÉSUMÉ

Impacts des affectations des terres sur la structure des peuplements de *Bombax costatum* en zone soudanienne du Bénin

Bombax costatum est une espèce agroforestière menacée de disparition du fait des fortes pressions anthropiques qu'elle subit par le prélèvement de son calice. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'influence des modes d'affectation des terres sur les caractéristiques dendrométriques, les types morphologiques et la phénologie de *B. costatum* dans la Réserve de biosphère de la Pendjari (RBP). Quatorze placeaux de 200 m × 200 m répartis dans quatre modes d'affectation des terres (zone d'occupation contrôlée, chaîne de l'Atacora, zone cynégétique de la Pendjari et Parc national de la Pendjari) de la RBP ont été inventoriés. Les données telles que le diamètre à hauteur de poitrine, la hauteur totale, le nombre d'individus, l'aspect de l'écorce et la couleur des fleurs ont été collectées. Les caractéristiques structurales de *B. costatum* ont été évaluées à trois niveaux : les paramètres dendrométriques dont la densité, le diamètre moyen, la surface terrière et la hauteur moyenne ; les structures en diamètre ; la distribution de fréquence des différents types morphologiques obtenus (aspect de l'écorce, couleur de la fleur). Pour tester les différences entre les modes d'affectation des terres, une ANOVA, une analyse log-linéaire et une analyse de covariance ont été effectuées respectivement sur les paramètres dendrométriques, la structure en diamètre et les types morphologiques, et la relation hauteur-diamètre des arbres. Le mode d'affectation des terres a un effet significatif ($P < 0,05$) sur la densité des individus adultes, le diamètre moyen, la hauteur moyenne, les types morphologiques et la phénologie de *B. costatum*. La densité des individus adultes est plus élevée dans les zones d'occupation contrôlée et la chaîne de l'Atacora. Nos résultats suggèrent que l'espèce a encore un potentiel semencier qui assure sa pérennisation mais qu'une utilisation contrôlée est nécessaire pour sa conservation durable.

Mots-clés : *Bombax costatum*, caractérisation structurale, phénologie, réserve de biosphère de la Pendjari, type morphologique, Bénin.

ABSTRACT

Impacts of land use on the structure of *Bombax costatum* stands in the Sudanian zone of Benin

Bombax costatum is a species used in agroforestry but declining in its natural stands because of the high anthropogenic pressure exerted by harvesting of its calyx. This study aims to assess the impact of land use types on the dendrometric characteristics, morphological types and phenology of *B. costatum* in the Pendjari Biosphere Reserve. Fourteen 200 m × 200 m plots representing four land use types (Controlled Occupation Zones, Atacora Range, Pendjari Hunting Zone and Pendjari National Park) were identified. The data collected include diameter at breast height, total height, number of individuals, appearance of the bark and colour of the flowers. Structure was characterised on three levels: (i) dendrometric parameters such as density, mean diameter, mean height and basal area, (ii) diameter structures and (iii) frequency distribution of morphological types (appearance of the bark, flower color). To test the differences between land use types, an ANOVA, log-linear analysis and covariance analysis were performed respectively on the dendrometric parameters, diameter structure and morphological type, and height-diameter relationship. The density of mature individuals was higher in the Controlled Occupation Zones and the Atacora range. Our results showed that land use type has a significant effect ($P < 0.05$) on the density of adult individuals, mean diameter, mean height, morphological types and phenology of *B. costatum*. Our findings suggest that *B. costatum* still has seed potential that can ensure its viability, but controlled use is necessary for its sustainable conservation.

Keywords: *Bombax costatum*, structural characterisation, phenology, Pendjari biosphere reserve, morphological type, Benin.

RESUMEN

Impacto del uso de la tierra en la estructura de la masa forestal de *Bombax costatum* en la zona sudanesa de Benín

Bombax costatum es una especie agroforestal en peligro de extinción debido a la fuerte presión antrópica a la que está sometida por la extracción de su cáliz. El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia de los patrones de uso del suelo sobre las características dendrométricas, los tipos morfológicos y la fenología de *B. costatum* en la Reserva de la Biosfera de Pendjari (RBP). Se inventariaron catorce parcelas de 200 m × 200 m distribuidas en cuatro modalidades de uso del suelo de la RBP (zona de ocupación controlada, montañas de Atakora, zona cinegética de Pendjari y Parque Nacional de Pendjari). Se recogieron datos como el diámetro a la altura normal, la altura total, el número de individuos, el aspecto de la corteza y el color de las flores. Se evaluaron las características estructurales de *B. costatum* en tres niveles: (i) los parámetros dendrométricos, incluyendo la densidad, el diámetro medio, el área basal y la altura media, (ii) las estructuras diamétricas, (iii) y la distribución de la frecuencia de los diferentes tipos morfológicos obtenidos (aspectos de la corteza, color de la flor...). Para comprobar las diferencias entre los tipos de uso de la tierra, se realizó un ANOVA (análisis de la varianza), un análisis log-lineal y un análisis de covarianza sobre los parámetros dendrométricos y los tipos morfológicos según el tipo de uso de la tierra. El uso de la tierra tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la densidad de individuos adultos, el diámetro medio, la altura media, los tipos morfológicos y la fenología de *B. costatum*. La densidad de individuos adultos es más alta en las zonas de ocupación controlada y en las montañas de Atakora. Los resultados muestran que la especie sigue teniendo un potencial semillero que garantiza su perpetuación, pero que es necesario un uso controlado para su conservación sostenible.

Palabras clave: *Bombax costatum*, caracterización estructural, fenología, Reserva de la Biosfera de Pendjari, tipo morfológico, Benín.

Introduction

Au Bénin comme ailleurs sous les tropiques, les forêts renferment beaucoup d'espèces ligneuses qui, sans être forcément productrices de bois d'œuvre et d'industrie, jouent un rôle socio-économique important en fournissant des aliments et des denrées de consommation variées aux communautés rurales (Assogbadjo, 2006). De nos jours, ces produits non ligneux exploités et consommés par les populations deviennent de plus en plus rares. Cette situation s'explique par la poussée démographique, la surexploitation de ces ressources et le changement climatique. Cependant, les actions de préservation, de conservation et de reproduction de ces espèces à fort potentiel économique nécessitent des références scientifiques qui sont encore quasi inexistantes pour bon nombre d'entre elles.

Bombax costatum Pellegr. & Vuillet (Bombacaceae, maintenant Malvaceae) fait partie de ces ressources forestières ayant fait l'objet de peu d'investigations scientifiques (Belem *et al.*, 2007, 2008). *B. costatum* est une espèce agroforestière (associée avec des cultures vivrières) que l'on retrouve dans la zone soudanienne de l'Afrique de l'Ouest (Belem *et al.*, 2008). Elle fait partie des espèces végétales sauvages les plus utilisées au Burkina Faso à cause de son calice qui est très recherché (Mertz *et al.*, 2001). Le calice est l'organe de la plante le plus utilisé, surtout pour les usages alimentaires (Ouédraogo *et al.*, 2014 ; Assogba *et al.*, 2017). Par exemple, la sauce légume faite à partir des feuilles et des calices frais des fleurs est la deuxième sauce préférée en milieu rural au Burkina Faso (Lykke *et al.*, 2002). Beaucoup d'organes de l'espèce sont utilisés en médecine traditionnelle contre une grande variété de maladies (Orwa *et al.*, 2010 ; Belem *et al.*, 2008 ; Assogba *et al.*, 2017). L'espèce est également employée comme bois de service et de feu (Oyen, 2011). Des évaluations ethnobotaniques récentes conduites sur l'espèce au Bénin et au Burkina Faso ont identifié huit catégories d'usages dont les catégories d'usages alimentaires et médicinales étaient les plus fréquemment citées avec les plus grandes importances culturelles (Belem *et al.*, 2008 ; Assogba *et al.*, 2017). À part les études ethnobotaniques de l'espèce, la variabilité morphologique et la production de calices de *B. costatum* ont été investiguées (Ouédraogo *et al.*, 2014). Les individus de *B. costatum* subissent de fortes pressions anthropiques sur leurs organes, notamment les calices, l'écorce et les feuilles. Les populations naturelles de l'espèce sont donc menacées de disparition à cause de la surexploitation des calices qui prive les individus adultes de leur potentiel semencier, et entrave ainsi leur reproduction (Belem *et al.*, 2008).

Les niveaux des pressions anthropiques exercées sur une ressource varient en fonction des mesures de protection prises, lesquelles sont fonction à leur tour du mode d'affectation des terres. En effet, les modes d'affectation des terres sont reconnus comme des facteurs déterminant la structure des peuplements forestiers et leur état de conservation

(Djossa *et al.*, 2008). Ainsi, l'évaluation de l'influence des modes d'affectation des terres sur un peuplement forestier permettra d'apprécier efficacement les types de pressions que subit une espèce forestière mais aussi de connaître leur impact sur la structure du peuplement. L'aménagement durable des peuplements forestiers nécessite de connaître la structure en diamètre des arbres (Glèlè Kakaï *et al.*, 2008). Ces structures en diamètre sont en effet révélatrices des événements liés à la vie des peuplements (Rondeux, 1999) et permettent de faire des projections sur leur développement en vue d'un aménagement efficient et durable. La définition d'une bonne stratégie de conservation d'une espèce agroforestière comme *B. costatum* nécessiterait donc l'analyse de l'effet de son habitat sur la structure en diamètre de son peuplement. En effet, l'analyse des structures en diamètre permet de distinguer les populations actives (jeunes) qui présentent une bonne régénération, avec beaucoup d'arbres de petits diamètres, et moins d'arbres de gros diamètres. La prédominance des arbres de petits diamètres est déterminante pour la conservation de l'espèce car ce sont sur ces derniers qu'il faut agir pour pérenniser la population.

La présente étude vise à évaluer l'influence des modes d'affectation des terres sur les caractéristiques dendrométriques, les types morphologiques et la phénologie de *B. costatum* dans la Réserve de biosphère de la Pendjari (RBP). Considérant que le statut écologique des peuplements d'une espèce forestière varie suivant un gradient de mesures de protection (Assogbadjo *et al.*, 2006 ; Djossa *et al.*, 2008 ; Fandohan *et al.*, 2010), nous avons émis l'hypothèse que les caractéristiques dendrométriques, les structures en diamètre, les types morphologiques et la phénologie de l'espèce varient suivant les modes d'affectation des terres.

Matériel et méthodes

Description de l'espèce

B. costatum (photo 1a), encore appelée faux-kapokier ou kapokier rouge, est une espèce végétale de la famille des Malvaceae. Elle fleurit en saison sèche, avant l'apparition des premières feuilles, et ses fleurs sont solitaires, rouges ou orange (parfois jaunes), en coupe, à cinq lobes imbriqués soudés à la base, de 4-7 cm de diamètre (photo 1b). C'est un arbre épineux à fût droit (mais parfois tortueux) de hauteur moyenne de 10 à 25 m (Akoègninou *et al.*, 2006). Ses feuilles sont alternes, composées et digitées (photo 1c), à 5-8 folioles pubescentes devenant glabres. Les fruits (photo 1d) sont des capsules ellipsoïdes, pendantes, brunes à noires, s'ouvrant en cinq valves, et contenant des graines sphériques noires dans une bourre soyeuse blanche ou crème (Robyns, 1957). C'est une espèce ligneuse dont

l'aire de distribution recouvre les savanes et les forêts claires sèches de la zone soudanienne de l'Afrique de l'Ouest (Belem *et al.*, 2008). On la trouve fréquemment sur les collines rocheuses ou dans les zones de croûtes latéritiques (Arbonnier, 2002).

Milieu d'étude

Les principaux habitats de *B. costatum* ont été identifiés à l'issue d'une enquête exploratoire dans les milieux de prédilection de l'espèce dans la RBP, qui est une aire protégée qui intègre l'influence des facteurs anthropologiques, écologiques et climatiques sur l'espèce (figure 1). La Réserve de biosphère de la Pendjari a été créée en 1986 par l'Unesco. Elle est située au nord-ouest de la République du Bénin, plus précisément dans le département de l'Atacora sur les territoires des communes de Tanguiéta, Matéri et Kérou. Ses limites géographiques sont comprises entre 10°30' et 11°30' de latitude Nord, 0°50' et 2°00' de longitude Est. La RBP est bien arrosée, avec des précipitations annuelles moyennes comprises entre 1 000 et 1 100 mm, et des températures pouvant atteindre 40 °C. Elle fait partie du plus grand ensemble d'aires protégées de l'Afrique de l'Ouest qu'est l'écosystème W-Arly-Pendjari (WAP), qui regroupe, outre la RBP, la Réserve de biosphère transfrontalière du «W», partagée par le Bénin, le Niger et le Burkina Faso, ainsi que les aires protégées de statuts divers du Burkina Faso (Pama, Arly, Singou) et du Togo (Oti, Kéran, Mandouri). Elle couvre une superficie globale de 4 711,4 km² dont 2 660,4 km² sont occupés par le Parc national de la Pendjari (Nago *et al.*, 2016). La réserve, établie sur une

pénéplaine de 105 m à 200 m d'altitude au nord, est rattachée au sud à un relief majeur dont l'altitude varie entre 400 et 513 m. Les sols de la réserve sont des sols peu évolués, d'érosion ou d'apport, et des sols ferrugineux tropicaux et ferrallitiques.

La RBP offre les possibilités d'observer différents modes d'affectation des terres et de voir l'influence de l'homme sur l'espèce. Après leur identification, les habitats ont été caractérisés sur la base de la carte d'occupation des terres de la réserve. Ainsi, quatre modes d'affectation des terres ont été retenus, à savoir : les zones d'occupation contrôlée (ZOC), les zones cynégétiques du Parc national de la Pendjari (ZCP), le Parc national de la Pendjari (PNP) identifié comme noyau central et zone intégralement protégée, et enfin la chaîne de l'Atacora (CA). Cette dernière faisait initialement partie des ZOC. Elle a été considérée comme mode d'affectation des terres car son relief montagneux rend son accès difficile, et par conséquent elle subit un niveau de pression anthropique faible la différenciant des autres modes. En général, les populations locales ont accès aux ZOC avec la possibilité d'y installer des cultures. Elles peuvent donc facilement accéder aux produits forestiers non ligneux. Les zones cynégétiques sont plus ou moins difficiles d'accès mais, à cause de l'activité de chasse, les populations locales y ont accès aux produits forestiers non ligneux. Cet accès est modéré car il s'agit essentiellement des chasseurs. Quant au Parc national de la Pendjari, il est intégralement protégé, donc avec un faible niveau de pression anthropique. Le choix des écosystèmes perturbés (ZOC surtout) a permis d'évaluer l'impact de la perturbation sur la structure des populations, les caractéristiques dendrométriques et morphométriques de l'espèce.

Échantillonnage et collecte des données

À l'issue de la phase exploratoire, les points où les individus de *B. costatum* ont été retrouvés ont été choisis aléatoirement pour l'installation des placeaux. Quatre placeaux de 200 m x 200 m (4 ha) ont été installés respectivement dans les zones d'occupation contrôlée, les zones cynégétiques et la chaîne de l'Atacora (figure 1). Compte tenu du caractère protégé du Parc national de la Pendjari, seuls deux placeaux y ont été installés. Soit au total 14 placeaux établis (figure 1) dans la RBP, chaque placeau ayant été subdivisé en quatre

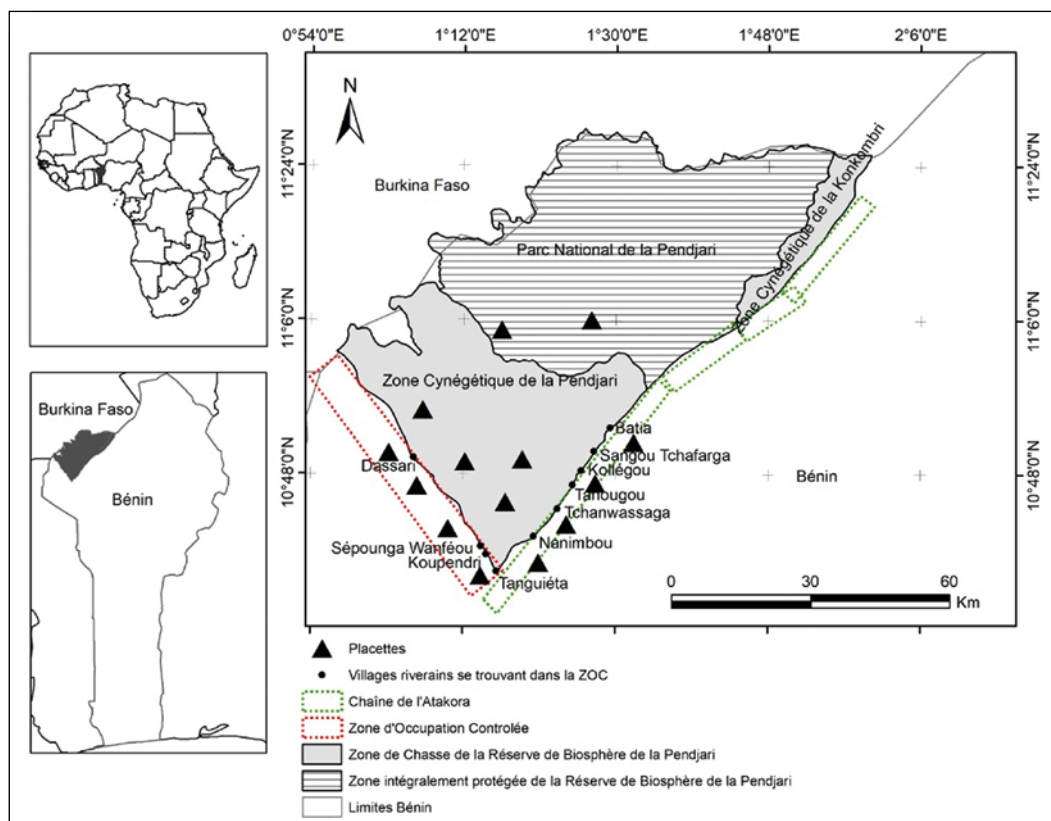


Figure 1. Localisation de la Réserve de biosphère de la Pendjari au Bénin et des placettes installées.
Location of the Pendjari Biosphere Reserve in Benin and the plots installed.

bandes de 50 m chacune afin de faciliter la collecte des données d'inventaire. Les principales données collectées sont le diamètre à hauteur de poitrine (dbh) pris à 1,30 m du sol, la hauteur totale, le nombre d'individus adultes (dbh ≥ 10 cm), la présence de jeunes plants (dbh < 10 cm et h ≥ 2 m), de juvéniles (dbh < 7 cm et h ≥ 2 m) et de plantules (h < 2 m) (Fandohan, 2006 ; Bonou *et al.*, 2009). Les hauteurs ont été mesurées seulement sur les individus de *B. costatum* au moyen d'un clinomètre. De plus, la couleur des fleurs a été déterminée au moyen d'une grille des couleurs et l'aspect de l'écorce a été rapporté. Les données ont été collectées d'octobre 2015 à mars 2016.

Traitement et analyse des données

L'analyse des données a été faite à trois niveaux : les paramètres dendrométriques dont la densité, le diamètre moyen, la surface terrière et la hauteur moyenne (tableau I) ; les structures en diamètre ; et la distribution de fréquence des différents types morphologiques obtenus (aspect de l'écorce, couleur de la fleur). Le diamètre moyen est le diamètre quadratique moyen qui représente le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne. La hauteur moyenne est la hauteur de Lorey qui est la hauteur pondérée par la surface terrière. Ces évaluations ont été faites suivant les modes d'affectation des terres identifiés.

Les valeurs moyennes des densités, du diamètre moyen, de la surface terrière et de la hauteur moyenne ont été calculées pour chaque mode d'affectation des terres considéré. Une analyse de variance (ANOVA) a été appliquée sur les valeurs log-normalisées de ces moyennes afin

de tester l'effet du mode d'affectation des terres sur les paramètres dendrométriques de l'espèce. De plus, la relation allométrique a été établie par une régression linéaire $\ln(H) = \ln(d)$, et une analyse de covariance (Archibald et Bond, 2003) a été effectuée pour tester l'effet des modes d'affectation des terres.

Pour l'établissement des structures en diamètre de *B. costatum* suivant les modes d'affectation des terres, les individus adultes (dbh ≥ 10 cm) de chaque peuplement ont été regroupés par classe de diamètre d'amplitude de 5 cm. Les densités ont été calculées par classe de diamètre pour établir la structure en diamètre observée de *B. costatum*. Le coefficient d'asymétrie a été ensuite calculé pour mesurer l'asymétrie de la distribution. Le coefficient d'asymétrie est défini comme suit (Bendel et Carlin, 1988):

$$g_1 = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^3$$

où n est le nombre de pieds, x_i , m et s sont respectivement le $\log(\text{dbh})$ de la tige i , la moyenne de x_i , et l'écart-type de x_i .

Une valeur négative de ce coefficient indique une distribution étalée vers la droite, avec la queue de la distribution étalée vers la gauche présentant un peuplement constitué en majorité d'individus de petits diamètres. Tandis qu'une valeur positive du coefficient indique une distribution étalée vers la gauche, avec la queue de la distribution étalée vers la droite présentant un peuplement avec des individus de gros diamètres. Une valeur nulle de g_1 n'indique pas nécessairement qu'il y a une parfaite symétrie.

Tableau I.
 Description des paramètres dendrométriques calculés.
Description of the calculated dendrometric parameters.

Paramètre (unité)	Formule	Interprétation
Densité (pieds/ha)	$N = \frac{n}{s}$	Nombre moyen d'arbres par hectare ; n étant le nombre total d'individus adultes, ou de jeunes plants, ou de juvéniles ou de plantules ; s est la surface du placeau en ha
Diamètre moyen (cm)	$Dg = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$	Diamètre quadratique moyen (diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne) (Dg en cm) ; n étant le nombre total d'individus adultes (dbh ≥ 10 cm) du placeau ; d_i est le dbh de l'individu i
Surface terrière (m ² /ha)	$G = \frac{\pi}{40000s} \sum_{i=1}^n d_i^2$	Somme des sections transversales des individus adultes (dbh ≥ 10 cm) ; d_i est le dbh de l'individu i
Hauteur moyenne de Lorey (m)	$H = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$ avec $g_i = \pi/4(d_i)^2$	Hauteur moyenne des individus adultes (dbh ≥ 10 cm) d'un placeau pondérée par leur surface terrière qui représente la hauteur de la canopée ; g_i est la surface terrière ; h_i est la hauteur totale de l'individu i ; d_i est le diamètre de l'individu i .

dbh : diamètre à hauteur de poitrine.

Tableau II.

Caractéristiques des habitats en fonction des modes d'affectation des terres.
Settlement characteristics in relation to land-use patterns.

Modes d'affectation des terres	Type de végétation	Espèces dominantes	Type de sol
Zone d'occupation contrôlée	Agrosystème	<i>Anogeissus leiocarpa</i> , <i>Vitellaria paradoxa</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir., <i>Parkia biglobosa</i> , <i>Azelia africana</i>	Ferrugineux/latéritique
Chaîne de l'Atacora	Végétation saxicole (savane boisée)	<i>Pterocarpus erinaceus</i> , <i>Azelia africana</i> , <i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss., <i>Anogeissus leiocarpa</i> , <i>Adansonia digitata</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i> Delile, <i>Lannea barteri</i> (Oliv.) Engl., <i>Acacia sieberiana</i> DC., <i>Vitellaria paradoxa</i>	Rocheux
Zone cynégétique de la Pendjari	Savane arbustive (saxicole)	<i>Pterocarpus erinaceus</i> , <i>Parkia biglobosa</i> , <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Anogeissus leiocarpa</i> , <i>Adansonia digitata</i> , <i>Balanite aegyptiaca</i> , <i>Acacia sieberiana</i> , <i>Vitellaria paradoxa</i>	Gravillonnaire/latéritique
Parc national de la Pendjari	Savane arbustive (saxicole)	<i>Vitellaria paradoxa</i> , <i>Anogeissus leiocarpa</i>	Gravillonnaire/latéritique

La diversité des types morphologiques de *B. costatum* suivant les modes d'affectation des terres et le stade de développement a été également évaluée. À cet effet, les distributions de fréquence sous forme de diagrammes en barres empilés ont été établies à partir des données collectées pour les types morphologiques de l'espèce, à savoir la couleur des fleurs et l'aspect de l'écorce. Une analyse log-linéaire a été ensuite exécutée sur chaque type morphologique afin d'évaluer la relation qui le lie aux modes d'affectation des terres et au stade de développement de l'espèce. Les mêmes tests statistiques ont été effectués sur les états phénologiques de l'espèce en relation avec les modes d'affectation des terres. Les analyses statistiques ont été réalisées dans le logiciel R version 2.15.3.

Résultats

Caractéristiques écologiques de *B. costatum*

Du point de vue écologique, *B. costatum* est fréquente dans deux principaux types de végétation, à savoir les savanes arbustives et les agrosystèmes, avec une importante diversité de types de sol (rocheux, ferrugineux, latéritique, gravillonnaire) (tableau II). Les espèces compagnes de *B. costatum* au niveau des différents modes d'affectation des terres de la RBP sont principalement *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don, *Azelia africana* Sm. & Pers.

et *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. De plus, dans les ZOC, *B. costatum* est également retrouvée en systèmes agroforestiers en association avec des cultures telles que le sorgho, l'igname, le mil et le maïs (tableau II).

Tableau III.

Moyenne et erreur-type des paramètres dendrométriques de *Bombax costatum* en fonction des modes d'affectation des terres.

Mean and standard error of dendrometric parameters of Bombax costatum as a function of land-use patterns.

Paramètres	ZOC	CA	ZCP	PNP
Densité adultes (pieds/ha)	11,31 ± 1,23a	14,81 ± 7,48a	3,00 ± 0,64b	2,25 ± 0,75b
Densité juvéniles (pieds/ha)	0,38 ± 0,16a	1,19 ± 0,61a	2,81 ± 1,59a	1,25 ± 0,25a
Densité jeunes arbres (pieds/ha)	0,50 ± 0,23a	1,25 ± 0,49a	2,25 ± 1,21a	1,25 ± 0,50a
Densité plantules (pieds/ha)	4,63 ± 1,76a	16,88 ± 5,68a	15,63 ± 10,22a	2,63 ± 1,13a
Diamètre moyen (cm)	37,19 ± 8,13a	25,31 ± 2,16b	28,66 ± 0,51b	12,50 ± 0,80c
Hauteur moyenne de Lorey (m)	13,10 ± 1,47a	15,22 ± 1,69a	16,07 ± 0,69a	6,32 ± 0,13b
Surface terrière (m ² /ha)	0,37 ± 0,16a	0,74 ± 0,36a	0,73 ± 0,05a	0,03 ± 0,01a

Sur la même ligne, les moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

ZOC : zone d'occupation contrôlée ; CA : chaîne de l'Atacora ; ZCP : zone cynégétique de la Pendjari ; PNP : Parc national de la Pendjari.

Tableau IV.

Modèles allométriques selon les modes d'utilisation des terres : équations, valeurs des coefficients et probabilité de régression des tests sur les résidus.

Allometric models by land use: equations, values of coefficients and probabilities of tests on residuals

Mode d'utilisation des terres	Équation	SE		Probabilité		Test DW	Test BP	Test de normalité
		Intercept	Pente	Intercept	Pente			
CA	$\ln(\text{Hauteur}) = 0,271 + 0,715 \ln(\text{dbh})$	0,09	0,03	0,006	< 0,01	0,148	0,592	0,259
PNP	$\ln(\text{Hauteur}) = -0,251 + 0,815 \ln(\text{dbh})$	0,39	0,15	0,526	< 0,01	0,214	0,059	0,635
ZCP	$\ln(\text{Hauteur}) = -0,027 + 0,786 \ln(\text{dbh})$	0,12	0,04	0,818	< 0,01	0,059	0,083	0,178
ZOC	$\ln(\text{Hauteur}) = 0,214 + 0,652 \ln(\text{dbh})$	0,28	0,08	0,457	< 0,01	0,255	0,773	0,443
Tous les modes d'affectation des terres	$\ln(\text{Hauteur}) = 0,181 + 0,722 \ln(\text{dbh})$	0,07	0,02	0,015	< 0,001	0,113	0,700	0,196

ZOC : zone d'occupation contrôlée ; CA : chaîne de l'Atacora ; ZCP : zone cynégétique de la Pendjari ; PNP : Parc national de la Pendjari ; SE : erreur type ; BP : Breusch-Pagan ; DW : Durbin-Watson ; dbh : diamètre à hauteur de poitrine.

Caractéristiques dendrométriques de *B. costatum*

B. costatum est plus abondante au sein de la zone d'occupation contrôlée et de la chaîne de l'Atacora, avec respectivement 11,31 et 14,81 pieds/ha comme densité moyenne des individus adultes (tableau III). Les juvéniles et les jeunes arbres étaient plus abondants dans la zone cynégétique de la Pendjari. Quant aux plantules, elles étaient plus abondantes dans la chaîne de l'Atacora et dans la zone cynégétique de la Pendjari. Le diamètre moyen de *B. costatum* varie d'une zone à une autre avec les valeurs les plus élevées (37,19 cm) dans la zone d'occupation contrôlée et les plus faibles (12,50 cm) dans le Parc national de la Pendjari. Les plus petites valeurs de la hauteur moyenne (6,32 m) des individus inventoriés de l'espèce ont été également observées dans le Parc national de la Pendjari. Quant à la surface terrière de *B. costatum*, elle varie entre 0,03 m²/ha et 0,74 m²/ha entre les modes d'affectation des terres, avec les valeurs élevées dans la chaîne de l'Atacora et dans la zone cynégétique de la Pendjari (tableau III).

L'analyse de variance a révélé que le mode d'affectation des terres a un effet hautement significatif (Prob. < 0,05) sur la densité des individus adultes, le diamètre moyen et la hauteur moyenne de *B. costatum* (tableau III). Les densités moyennes des plantules, juvéniles et jeunes arbres et la surface terrière moyenne

ne varient pas significativement en fonction des modes d'utilisation des terres (Prob. > 0,05).

Les relations allométriques établies pour tous les modes d'affectation des terres sont des relations logarithmiques très hautement significatives au seuil de 5 % (Prob. < 0,05 ; tableau IV). L'affectation des terres a un effet marginal sur les différents modèles allométriques établis (Prob. = 0,079 ; tableau V ; figure 2).

Structures en diamètre de *B. costatum*

Les structures en diamètre des peuplements de *B. costatum* pour chaque mode d'affectation des terres montrent

Tableau V.

Effet de l'affectation des terres sur les modèles allométriques : résultats de l'analyse de la covariance.

Effect of land use on allometric models: results of analysis of covariance.

Paramètres	DL	Somme quadratique	Moyenne quadratique	F	Pr (> F)
$\ln(\text{dbh})$	1	10,16	10,16	888,8	< 0,010
Affectation des terres	3	0,76	0,25	22,4	< 0,010
$\ln(\text{dbh})$: affectation des terres	3	0,08	0,03	2,3	0,079
Résiduels	475	5,43	0,01		

DL : degré de liberté ; dbh : diamètre à hauteur de poitrine ; Pr : probabilité ; F : statistique de Fisher.

un coefficient d'asymétrie positif (figure 3). Les distributions en diamètre présentent ainsi une structure à asymétrie gauche indiquant une prédominance des individus de faibles diamètres et une faible proportion d'individus de grands diamètres.

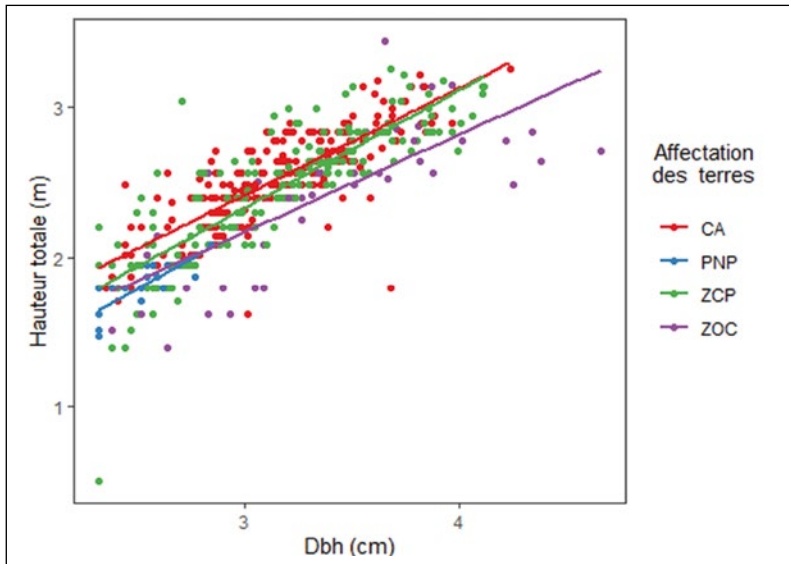


Figure 2.

Variation de la relation allométrique entre affectations des terres. ZOC : zone d'occupation contrôlée ; ZCP : zone cynégétique de la Pendjari ; CA : chaîne de l'Atacora ; PNP : Parc national de la Pendjari. Sur la figure, le diamètre et la hauteur sont sur une échelle logarithmique.
Variation in the allometric relationship between land uses. ZOC: controlled occupancy area; ZCP: cynegetic area of la Pendjari; CA: Atacora chain; PNP: Pendjari National Park. Diameter and height are expressed on a logarithmic scale.

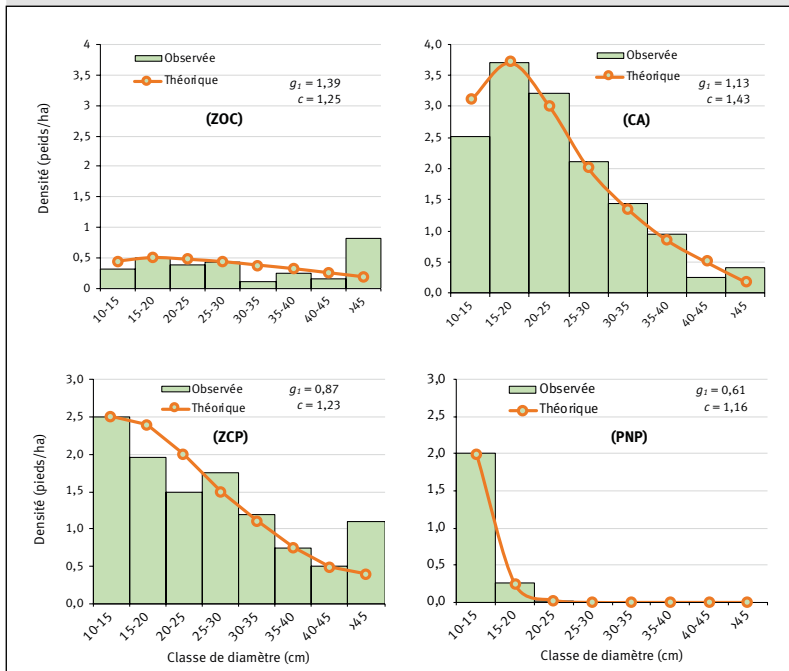


Figure 3.

Structure en diamètre des populations de *Bombax costatum* suivant les modes d'affectation des terres. ZOC : zone d'occupation contrôlée ; ZCP : zone cynégétique de la Pendjari ; CA : chaîne de l'Atacora ; PNP : Parc national de la Pendjari.

Diameter structure of *Bombax costatum* populations according to land use patterns. ZOC: controlled occupancy area; ZCP: cynegetic area of la Pendjari; CA: Atacora chain; PNP: Pendjari National Park.

Types morphologiques et états phénologiques de *B. costatum*

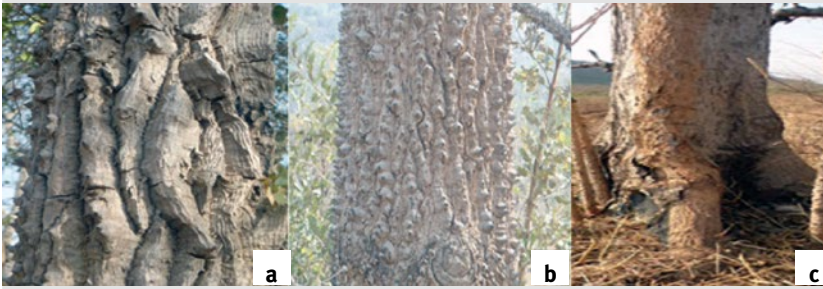
L'analyse log-linéaire effectuée sur chaque type morphologique, en relation avec les modes d'affectation des terres et le stade de développement de l'arbre, a permis de conclure que les caractéristiques morphologiques dépendent du stade de développement et des modes d'affectation des terres (Prob. < 0,05). La majorité des individus de *B. costatum* de la chaîne de l'Atacora, du Parc national de la Pendjari et de la zone d'occupation contrôlée présentent des écorces rugueuses (figure 4a ; photo 2a). Cependant, dans la zone cynégétique de la Pendjari, la majorité des individus ont une écorce épineuse (figure 4a ; photo 2b). À chaque stade de son développement, l'espèce présente les trois aspects de l'écorce mais dans différentes proportions (figure 4b). La couleur des fleurs des arbres de *B. costatum* est majoritairement rose au sein de la chaîne de l'Atacora et de la zone cynégétique de la Pendjari, tandis qu'elle est majoritairement jaune-orange dans le Parc national de la Pendjari et la zone d'occupation contrôlée (figure 4c).

Le test d'indépendance χ^2 de Pearson a montré que l'état phénologique de l'espèce dépend significativement du mode d'affectation des terres (Prob. = 0,02). La majorité des individus sont en fructification au sein de la chaîne de l'Atacora et de la zone cynégétique de la Pendjari, alors qu'ils sont davantage en floraison dans la zone d'occupation contrôlée et le Parc national de la Pendjari (figure 4d).

Discussion

Influence des modes d'affectation des terres sur les caractéristiques structurales de *B. costatum*

Dans la présente étude, nous avons investigué la structure des populations de *B. costatum* en relation avec quatre modes d'affectation des terres dans la zone soudanienne du Bénin. Les résultats ont montré que *B. costatum* présente une faible densité dans le Parc national de la Pendjari et une forte densité dans la chaîne de l'Atacora (adultes et plantules) et dans la zone cynégétique de la Pendjari (juvéniles et jeunes plantes). Cela pourrait être dû à une surexploitation de l'espèce à l'intérieur du parc avant que des mesures de surveillance et de conservation soient prises. En effet, la faible densité d'adultes et de plantules observée dans le Parc national de la Pendjari se justifierait par l'occupation du parc jadis par l'ethnie des Gourmanchés, qui seraient les principaux utilisateurs de l'espèce compte tenu de ses multiples usages ethnobotaniques (Assogba *et al.*, 2017). De plus,



Photos 2.
 Aspects physiques des écorces.
Physical aspects of barks.
 Photos G. A. Assogba.

cette faible densité serait due à la composition chimique du sol ne favorisant pas les différents stades de développement de l'espèce (plantules, juvéniles et adultes). En effet, la composition chimique du sol influence la densité des peuplements forestiers en agissant sur les processus tels que la compétition interindividuelle et la sylvigénèse (Freycon *et al.*, 2003). La quasi-absence de juvéniles et de jeunes arbres dans le Parc national de la Pendjari pourrait également s'expliquer par le piétinement des gros mammifères tels que les éléphants.

L'abondance relativement plus élevée de l'espèce dans les parcs agroforestiers comparée à la réserve pour-

y serait liée au relief et au niveau de fertilité du sol, car l'espèce est fréquemment retrouvée sur les collines, les zones de croûtes latéritiques, dans les savanes boisées et forêts claires sahélo-soudaniennes (Belem *et al.*, 2008), où elle présente un système racinaire horizontal lui permettant de mieux profiter des fissures existant dans ces types de relief. Cette forte densité de l'espèce pourrait également s'expliquer par l'éventualité d'une pollinisation de l'espèce par quelques animaux, en l'occurrence la chauve-souris qui loge dans les grottes et les habitats isolés. Les activités anthropiques à effets destructeurs, comme l'agriculture, la transhumance, etc., ne sont prati-

cables qu'au bas de la chaîne de l'Atacora. Par conséquent, les individus de *B. costatum* sont moins menacés en général sur la chaîne de l'Atacora. Des conclusions similaires sont rapportées par Kanté et Defoer (1995) et Coulibaly *et al.* (1997), qui ont indiqué que *Detarium microcarpum* est aussi fortement présente sur les sols gravillonnaires au Mali. D'autre part, ces résultats pourraient être liés à une compétition interspécifique plus élevée au sein du noyau du Parc national de la Pendjari, laquelle est artificiellement supprimée dans les parcs agroforestiers par une préservation sélective des espèces utiles aux communautés locales. En effet, les arbres se développent normalement dans les formations ouvertes comme la zone cynégétique de la Pendjari et la chaîne de l'Atacora. De tels résultats ont été mentionnés pour d'autres espèces agroforestières telles que *Quercus ilex* L. (Pulido *et al.*, 2001) et *Tamarindus indica* L. (Fandohan *et al.*, 2010). Les résultats ont également révélé que la régénération naturelle est plus importante dans la zone cynégétique de la Pendjari et la chaîne de l'Atacora que dans le Parc national de la Pendjari et la zone d'occupation contrôlée. *B. costatum* ne supporte pas la pression des

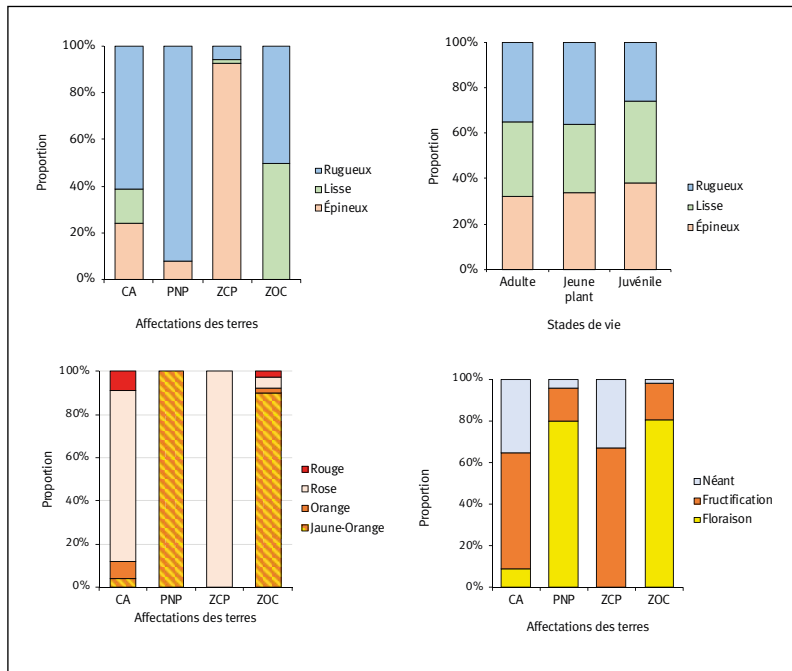


Figure 4.
 (a) Aspect physique de l'écorce suivant les modes d'affectation des terres. (b) Aspect physique de l'écorce suivant les stades de développement des individus de *Bombax costatum*. (c) Couleur des fleurs des individus de *B. costatum* suivant les modes d'utilisation des terres. (d) État phénologique de *B. costatum* suivant les modes d'affectation des terres. ZOC : zone d'occupation contrôlée ; ZCP : zone cynégétique de la Pendjari ; CA : chaîne de l'Atacora ; PNP : Parc national de la Pendjari.
 (a) *Physical aspect of the bark according to land use patterns.* (b) *Physical aspect of bark according to developmental stages of Bombax costatum individuals.* (c) *Flower colour of B. costatum individuals according to land use patterns.* (d) *Phenological stage of B. costatum according to land use.* ZOC: controlled occupancy area; ZCP: cynegetic area of la Pendjari; CA: Atacora chain; PNP: Pendjari National Park.

cultures, ce qui pourrait expliquer, d'une part, la forte densité de la régénération sur la chaîne de l'Atacora et la zone cynégétique de la Pendjari, qui sont des zones où l'agriculture n'est pas une activité dominante, et, d'autre part, la faible densité de la régénération dans la zone d'occupation contrôlée qui est une zone dans laquelle les activités agricoles sont autorisées. Des investigations sur la dynamique de la régénération ligneuse durant la phase de culture au Sénégal (Faye *et al.*, 2003) ont montré que la densité de souches, de repousses issues de graines et de drageons de *B. costatum* diminue significativement en fonction du temps de culture.

Les paramètres dendrométriques tels que le diamètre moyen, la hauteur moyenne des individus de *B. costatum* et la densité des arbres adultes sont significativement influencés par le mode d'affectation des terres. Cette influence confirme notre hypothèse et s'expliquerait par le fait que, dans les formations ouvertes, l'espèce dispose plus aisément des éléments favorables à son développement normal. De plus, cette différence significative pourrait résulter de l'effet de la composition biophysique du sol (caractères rocheux de la chaîne de l'Atacora, gravillonnaire de la zone d'occupation contrôlée et la zone cynégétique de la Pendjari). Les différences observées entre les paramètres dendrométriques seraient également dues aux variations climatiques, au degré d'influence des pressions anthropiques, et au comportement reproductif de l'espèce suivant chaque mode d'affectation des terres. La surface terrière ne varie pas significativement selon les modes d'affectation des terres. Ce paramètre qui est lié au diamètre moyen devrait être également influencé par les modes d'affectation des terres, comme notifié par Bonou *et al.* (2009). Ainsi, l'influence d'autres facteurs externes est mise en évidence, notamment celle des pressions anthropiques, des conditions climatiques et des types de sols de la RBP. Il existe une relation allométrique logarithmique entre la hauteur et le diamètre de l'espèce dans tous les modes d'affectation des terres. Cela implique que le modèle de croissance de l'espèce est le même pour tous les modes d'affectation des terres, malgré les différences significatives observées pour le diamètre moyen et la hauteur moyenne (Archibald et Bond, 2003). Les populations de *B. costatum* ont présenté pour la plupart des distributions en diamètre en forme de « J renversé » indiquant que les structures présentent une asymétrie gauche caractéristique des peuplements à prédominance d'individus de faibles diamètres (Husch *et al.*, 2003). De plus les structures des populations de la zone d'occupation contrôlée, la chaîne de l'Atacora et la zone cynégétique de la Pendjari sont plus stables que celles des populations du Parc national de la Pendjari. Cette variation de la stabilité des populations de *B. costatum* pourrait s'expliquer par le fait que l'occupation et les activités de chasse sont contrôlées dans ces zones. Ce qui serait à l'origine de cette stabilisation progressive des populations de l'espèce, en l'occurrence au sein de la zone d'occupation contrôlée où diverses activités anthropiques sont autorisées.

Influence des modes d'affectation des terres sur les types morphologiques et la phénologie de *B. costatum*

L'analyse de la variation des types morphologiques suivant les modes d'affectation des terres et le stade de développement de *B. costatum* confirme également l'hypothèse qui stipule une différence significative des types morphologiques des individus de *B. costatum* suivant les différents modes d'affectation des terres et le stade de développement de l'espèce. La variation des types observée selon les différents modes d'affectation des terres expliquerait une adaptation écologique et physiologique de l'espèce aux conditions climatiques et édaphiques et sa résistance aux éventuelles menaces, en l'occurrence les feux de végétation et l'attaque des insectes. L'adaptation aux conditions climatiques et édaphiques de plusieurs espèces forestières a été déjà démontrée, comme par exemple celle de *Azelia africana* Sm. ex Pers. dans les forêts africaines (Donkpegan *et al.*, 2014). Les différences observées entre l'aspect de l'écorce et la couleur des fleurs pourraient être aussi d'origine génétique. Autrement dit, une variation génétique au sein des populations de *B. costatum* expliquerait les différences observées entre les types morphologiques, comme l'ont noté Assogbadjo *et al.* (2005) pour le baobab (*Adansonia digitata* L.). La majorité des individus sont en fructification dans la chaîne de l'Atacora et la zone cynégétique de la Pendjari, alors qu'ils sont plus en floraison dans la zone d'occupation contrôlée et le Parc national de la Pendjari. Cette différence observée entre les états phénologiques de l'espèce pourrait être liée à la différence entre les niveaux de pressions anthropiques subis par l'espèce et les types de sols qui diffèrent d'un mode d'affectation des terres à un autre.

Conclusion

La présente étude a investigué la variation de la structure des peuplements de *Bombax costatum* suivant les différents modes d'affectation dans la Réserve de biosphère de la Pendjari dans le Nord-Ouest-Bénin. Les résultats ont montré l'influence significative des modes d'affectation des terres sur les caractéristiques dendrométriques, les types morphologiques et les états phénologiques. La relation allométrique existant entre la hauteur et le diamètre a été établie par une régression logarithmique suivant les modes d'affectation des terres. Les structures en diamètre de *B. costatum* ont révélé des peuplements généralement composés d'individus de faibles diamètres. Il ressort par conséquent que l'espèce a un potentiel semencier qui assure sa pérennisation, mais une utilisation contrôlée est nécessaire pour sa conservation durable. Des mesures devront être prises pour le suivi de la croissance des jeunes arbres et pour le maintien et la protection des arbres adultes. Une étude approfondie sur les caractéristiques et les types morphologiques de l'espèce durant toute une année s'avère indispensable pour mieux apprécier la biologie et l'écologie de l'espèce. Aussi une étude quantitative des niveaux de pressions anthropiques que subit l'espèce pour chaque mode d'affectation des terres

permettra-t-elle de mieux comprendre l'influence des modes d'affectation sur la morphologie et la phénologie de l'espèce.

Remerciements

Nous remercions l'Organisation pour les femmes en sciences des pays en développement (OWSD) pour le financement accordé à G. A. Assogba (OWSD Postgraduate Fellowship Programme Fund Reservation No. 3240287263), la Fondation Alexander-von-Humboldt pour les financements pour la recherche (n° 3.4-RKS-BEN/1155509) et pour l'équipement (n° 3.6-BEN/1155509) accordés à A. B. Fandohan, enfin l'African-German Network of Excellence in Science (AGNES) pour avoir accordé une subvention pour chercheur junior à K. V. Salako.

Références

- Akoègninou A., van der Burg W. J., van der Maesen L. J. G. (éds), 2006. Flore analytique du Bénin. Leiden, Pays-Bas, Backhuys Publishers (Wageningen Agricultural University papers, No. 06.2), 1 035 p.
- Arbonnier M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 2^e édition. CIRAD, MNHN, 573 p.
- Archibald S., Bond W. J., 2003. Growing tall vs growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos*, 102: 3-14. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12181.x>
- Assogba G. A., Fandohan A. B., Salako V. K., Assogbadjo A. E., 2017. Usages de *Bombax costatum* (Malvaceae) dans les terroirs riverains de la Réserve de biosphère de la Pendjari, République du Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 333 (3) : 17-33. <https://doi.org/10.19182/bft2017.333.a31465>
- Assogbadjo A. E., 2006. Socio-economic importance and study of the ecological, morphological, genetic and biochemical variability of Baobab (*Adansonia Digitata* L.) in Benin. Thèse de doctorat, Université de Ghent, Belgique. <https://doi.org/10.21825/af.v19i1.17735>
- Assogbadjo A. E., De Caluwé E., Sinsin B., Codjia J.-C. T., Van Damme P., 2006. Indigenous knowledge of rural people and importance of baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Benin. In: Füsün Ertug Z. (ed.). Proceedings of the fourth International Congress of Ethnobotany (ICEB 2005), 21-26 August 2005. Istanbul, Turkey, Ege Yayinlari, 39-47.
- Assogbadjo A. E., Sinsin B., Van Damme P., 2005. Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. *Fruits*, 60 : 327-340. <https://doi.org/10.1051/fruits:2005039>
- Belem B., Boussim I. J., Bellefontaine R., Guinko S., 2008. Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* par blessure des racines au Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 295 (1) : 71-79. <https://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/20394>
- Belem B., Nacoulma B. M. I., Gbangou R., Kambou S., Hansen H. H., Gausset Q., et al., 2007. Use of Non Wood Forest Products by local people bordering the "Parc National Kaboré Tambi", Burkina Faso. *Journal of Transdisciplinary Environmental Studies*, 6 (1): 1-21.
- Bendel R. B., Carlin B. P., 1988. Parametric relationships among the skewness coefficient, the coefficient of variation and the Gini coefficient for common distributions. Department of Statistics, University of Connecticut, USA, Technical Report 88-15.
- Bonou W., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A. E., Fonton H. N., Sinsin B., 2009. Characterisation of *Azzeria africana* Sm. habitat in the Lama Forest reserve of Benin. *Forest Ecology and Management*, 258 (7): 1084-1092. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.05.032>
- Coulibaly A., Hilhorst T., Konaté A., Sanogo A. K., Coulibaly M.-B., 1997. Diagnostic participatif sur la zone sylvo-pastorale de Sougoula. Projet de recherche aménagement et gestion simplifiés des ressources sylvo-pastorales des terroirs villageois. Cercle de Sikasso. CRRRA Sikasso, Mali, 31 p.
- Cunningham A. B., Mbenkum F. T., 1993. Sustainability of harvesting *Prunus africana* Bark in Cameroun: A medicinal plant in international trade. Paris, France, UNESCO, Division of Ecological Sciences, People Plants Working Papers 2, 11-46.
- Djossa B. A., Wiegand T., Ayihouenou B. E., Kalko E. K., Sinsin B. A., 2008. Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaerten. stand structure and distribution patterns: a comparison of Biosphere Reserve of Pendjari in Atacora district in Benin. *Agroforestry Systems*, 72: 205-220. <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9097-y>
- Donkpegan A. S. L., Hardy O. J., Lejeune P., Oumorou M., Daïnou K., Doucet J.-L., 2014. Un complexe d'espèces d'*Azzeria* des forêts africaines d'intérêt économique et écologique (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 18 (2) : 233-246.
- Fandohan B., 2006. Abondance et structure des peuplements de sept essences ligneuses médicinales dans la forêt classée de Wari-Marou (Région des Monts-Koufè). Mémoire d'ingénieur agronome, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
- Fandohan A. B., Assogbadjo A. E., Glèlè Kakaï R. L., Sinsin B., Van Damme P., 2010. Impact of habitat type on the conservation status of tamarind (*Tamarindus indica* L.) populations in the W National Park of Benin. *Fruits*, 65: 11-19. <https://doi.org/10.1051/fruits/2009037>
- Faye E. H., Masse D., Diatta M., 2003. Dynamique de la régénération ligneuse durant la phase de culture dans un système de culture semi-permanente du sud du Sénégal. In : Jamin J. Y., Seiny Boukar L., Floret C. (éds) *Savanes*

africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. N'Djamena, Tchad, Prasac, Montpellier, France, Cirad.

Freycon V., Sabatier D., Paget D., Ferry B., 2003. Influence du sol sur la végétation arborescente en forêt guyanaise : état des connaissances. Revue Forestière Française, 55 : 60-73. <http://dx.doi.org/10.4267/2042/5787>

Glèlè Kakaï R., Sinsin B., Palm R., 2008. Modélisation et interprétation des structures en diamètre et en hauteur des peuplements forestiers. Agronomie Africaine, 20 (2) : 1-11.

Husch B., Beers T. W., Kershaw Jr. J. A., 2003. Forest Mensuration. 4th edition. Hoboken, NJ, USA, John Wiley, 456 p.

Kanté S., Defoer T., 1995. Comment les paysans classent et gèrent leur terre ? Cahiers de la Recherche-Développement, 42 (Dossier stratégies paysannes et dynamiques foncières) : 45-61.

Larwanou M., Moustapha A. M., Rabe M. L., Iro D., 2012. Contribution de la Régénération Naturelle Assistée des ligneux dans l'approvisionnement en bois des ménages dans le département de Magaria (Niger). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 6 (1) : 24-36. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i1.3>

Lykke A. M., Mertz O., Ganaba S., 2002. Food consumption in rural Burkina Faso. Ecology of Food and Nutrition, 41: 119-153. <https://doi.org/10.1080/03670240214492>

Mertz O., Lykke A. M., Reenberg A., 2001. Importance and seasonality of vegetable consumption and marketing in Burkina Faso. Economic Botany, 55 (2): 276-289.

Nago S. G. A., Amahowe O. I., Zannou O., Houessou L. G., Ahononga F., N'Séra P., *et al.*, 2016. Diversité, abondance et densité des populations de faune dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari (Nord Bénin). Annales de l'Université de Parakou, 6 (1) : 10-25.

Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R., Anthony S., 2010. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. <http://outputs.worldagroforestry.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=37111>

Ouédraogo I., Nacoulma B. M. I., Ouédraogo O., Hahn K., Thiombiano A., 2014. Productivité et valeur économique des calices de *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet en zone soudanienne du Burkina Faso. Bois et Forêts des Tropiques, 319 (1) : 31-41. <https://doi.org/10.19182/bft2014.319.a20550>

Oyen L. P. A., 2011. *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet. Record from PROTA4U. Brink M., Achigan-Dako E. G. (éds). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <https://prota4u.org/database/search.asp>

Pulido F. J., Diaz M., de Trucios S. J. H., 2001. Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forests

and dehesas: effects of agroforestry use on their long-term sustainability. Forest Ecology and Management, 146: 1-13. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(00\)00443-6](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(00)00443-6)

Robyns A., 1957. Le genre *Bombax* en Afrique Tropicale. Bulletin du Jardin Botanique de l'État à Bruxelles, 27 (4) : 655-668. <https://doi.org/10.2307/3666892>

Rondeux J., 1999. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. 2^e édition. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 544 p.

Assogba *et al.* – Contribution des auteurs

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	G. A. Assogba, A. B. Fandohan, K. V. Salako
Gestion des données	G. A. Assogba, K. Gandji, K. V. Salako
Analyse formelle	G. A. Assogba, K. Gandji, K. V. Salako
Acquisition du financement	G. A. Assogba, A. B. Fandohan, K. V. Salako
Enquête et investigation	G. A. Assogba
Méthodologie	G. A. Assogba, K. Gandji, K. V. Salako, A. B. Fandohan, A. E. Assogbadjo
Gestion de projet	A. B. Fandohan, A. E. Assogbadjo
Ressources	V.K. Salako, A. B. Fandohan, A. E. Assogbadjo
Logiciels	G. A. Assogba, K. Gandji, K. V. Salako
Supervision	A.E. Assogbadjo
Validation	A. B. Fandohan, A. Adomou, A. E. Assogbadjo
Visualisation	G. A. Assogba, K. Gandji, K. V. Salako
Écriture – Préparation de l'ébauche originale	G. A. Assogba, A. B. Fandohan, A. E. Assogbadjo
Écriture – Révision et édition	A. B. Fandohan, A. Adomou, A. E. Assogbadjo

Bois et Forêts des Tropiques - Revue scientifique du Cirad -
© Bois et Forêts des Tropiques © Cirad



Cirad - Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier
Cedex 5, France - Contact : bft@cirad.fr - ISSN : L-0006-579X