

Structure des populations naturelles de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, ligneux d'intérêt alimentaire, dans le Dallol Bosso, Niger

Kolafane ABOUBACAR¹
Soumana DOUMA¹
Boubacar MOUSSA MAMOUDOU²
Ramatou Sidikou DJERMAKOYE SEYNI¹

¹ Université Abdou Moumouni de Niamey
Faculté des sciences et techniques
Département de productions végétales
BP 10.662, Niamey
Niger

² Université de Diffa
Faculté des sciences agronomiques
BP 78, Diffa
Niger

Auteur correspondant /
Corresponding author:
Kolafane Aboubacar –
kolafane7aboubacar@yahoo.fr



Photo 1.
Arbre de *Neocarya macrophylla* de plus de 5 m de hauteur.
Photo K. Aboubacar.

Doi : 10.19182/bft2018.337.a31630 – Droit d'auteur © 2018, Bois et Forêts des Tropiques © Cirad – Date de soumission : 10 août 2017 ;
date d'acceptation : 4 juin 2018 ; date de publication : 1^{er} juillet 2018.



Licence Creative Commons :
Attribution - Pas de Modification 4.0 International.
Attribution-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-ND 4.0)

Citer l'article / To cite the article

Aboubacar K., Douma S., Moussa Mamoudou B., Djermaakoye Seyni R. S., 2018. Structure des populations naturelles de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, ligneux d'intérêt alimentaire, dans le Dallol Bosso (Niger). Bois et Forêts des Tropiques, 337 : 67-78. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2018.337.a31630>

RÉSUMÉ

Structure des populations naturelles de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, ligneux d'intérêt alimentaire, dans le Dallol Bosso, Niger

L'étude visait à caractériser la population naturelle d'un ligneux alimentaire, *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance (Chrysobalanaceae). Elle a été conduite dans le Dallol Bosso au sud-ouest du Niger. Les données provenaient de relevés floristiques dont le dispositif de sondage était de type systématique. Onze transects ont été installés, et 83 placettes de 50 m x 50 m ont été échantillonnées. La structure de la population a été renseignée par la diversité floristique, la densité des arbres, le taux de régénération et la structure démographique des populations. Une classification ascendante hiérarchique de la matrice espèces-relevés a été réalisée afin d'identifier des groupes végétaux. À l'intérieur de chaque placette, ont été relevés le diamètre à 1,30 m pour les sujets de diamètre supérieur ou égal à 5 cm, et le nombre d'individus. Le coefficient générique reste faible et les familles et genres représentés par une seule espèce demeurent prépondérants. La flore recouvre 36 espèces ligneuses réparties en 30 genres relevant de 19 familles, pour lesquelles dominent les Fabaceae (27,8 %) et les Malvaceae (13,9 %). Trois groupes structuraux apparaissent, caractérisés par une dominance de *N. macrophylla*, dont la population tend à se régénérer. Les histogrammes de structure des populations font en effet apparaître des effectifs élevés dans les classes de petit diamètre. La densité moyenne de l'espèce est de 26,1 individus/ha, mais varie en fonction des groupes structuraux. L'observation de la régénération naturelle, dont le niveau élevé ne préjuge toutefois pas du devenir des plantules, montre que *N. macrophylla* se renouvelle essentiellement par semis (87,6 %), et faiblement par rejets de souche (11,1 %). Les résultats de cette étude permettent de mieux appréhender le statut de cette espèce, en faveur de la mise en place de stratégies de gestion durable.

Mots-clés : *Neocarya macrophylla*, démographie, densité de peuplement, groupement floristique, structure du peuplement, régénération, Dallol Bosso, Niger.

ABSTRACT

Structure of natural stands of *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, a woody species used for food in the Dallol Bosso region of Niger

This study aimed to characterise natural stands of a woody species used for food in Niger, *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance (Chrysobalanaceae). The study was conducted in the Dallol Bosso region in south-western Niger. The data were collected from systematic sampling surveys of the flora in eighty-three 50 m x 50 m sampling plots along eleven transects. The structure of the stands was determined by plant diversity, tree density, rates of regeneration and the demographic structure of the stands. A Hierarchical Agglomerative Clustering (HAC) of the species-sampling matrix was made in order to identify different plant groups. Within each sampling plot, we recorded the diameter of trees equal to or more than 5cm in diameter measured at a height of 1.30m, and the number of individuals. The generic coefficient was low, with the majority of plant families and genera represented by a single species. The flora comprises 36 woody species belonging to 30 genera and 19 families, with Fabaceae (27.8%) and Malvaceae (13.9%) predominating. Three structural groups emerged, characterised by dominant *N. macrophylla*, which is tending to regenerate. The histograms for stand structure show large numbers of individuals in the small diameter classes. The average density for this species is 26.1 individuals/ha, but this varies with each structural group. Observations of its natural regeneration, which is abundant but does not predict how the seedlings will develop, show that *N. macrophylla* regenerates mainly by seeding (87.6%) rather than root shoots (11.1%). The results of this study have provided a better picture of the status of this species, which points to the needs to introduce sustainable management strategies.

Keywords: *Neocarya macrophylla*, demography, stand density, plant group, stand structure, regeneration, Dallol Bosso, Niger.

RESUMEN

Estructura de poblaciones naturales de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, una especie leñosa utilizada con fines alimentarios en Dallol Bosso, región de Niger

Este estudio tiene como objetivo caracterizar poblaciones naturales de una especie leñosa utilizada con fines alimentarios en Níger: *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance (Chrysobalanaceae). El estudio se llevó a cabo en la región Dallol Bosso, en el sudoeste de Níger. Los datos se recopilaron con mediciones de muestreos sistemáticos de la flora en 83 parcelas de muestreo de 50x50 m a lo largo de once transectos. La estructura de las poblaciones fue determinada por la diversidad de plantas, la densidad de árboles, las tasas de regeneración y la estructura demográfica de las poblaciones. Se realizó una clasificación jerárquica ascendente de la matriz especies-muestreo para identificar diferentes grupos de plantas. En cada parcela registramos el diámetro de los árboles con diámetros iguales o mayores a 5 cm medidos a una altura de 1,30 m, y el número de individuos. El coeficiente genérico fue bajo, con la mayor parte de familias de plantas y géneros representados por una sola especie. La flora comprende 36 especies leñosas pertenecientes a 30 géneros y 19 familias, con Fabaceae (27,8 %) y Malvaceae (13,9 %) como predominantes. Destacaron tres grupos estructurales, caracterizados por la dominante *N. macrophylla*, que tiende a regenerarse. Los histogramas para estructuras de poblaciones muestran un gran número de individuos en las clases de pequeños diámetros. La densidad promedio para esta especie es de 26,1 individuos/ha, aunque varía para cada grupo estructural. La observación de su regeneración natural, que es abundante pero no predice como se desarrollarán los plantíos, muestra que *N. macrophylla* se regenera principalmente mediante semillas (87,6 %), más que con vástagos de raíz (11,1 %). Los resultados de este estudio han proporcionado una imagen más clara del estado de estas especies, que apunta a la necesidad de introducir estrategias de gestión sostenible.

Palabras clave: *Neocarya macrophylla*, demografía, densidad de población, grupo de plantas, estructura de población, regeneración, Dallol Bosso, Níger.

Introduction

Les milieux semi-arides sont caractérisés par la précarité de leurs conditions environnementales, qui fragilise le maintien des écosystèmes (Ouédraogo *et al.*, 2006). Depuis la sécheresse de 1972-1973, une évolution régressive des paysages sahélo-soudaniens est observée. Celle-ci se manifeste par une diminution élevée de la couverture végétale et la raréfaction, voire la disparition, des espèces ligneuses (Lericollais, 1988 ; Grouzis, 1988). Cette régression est liée aux processus d'aridification (Toupet, 1989) et aux activités humaines (Grouzis et Albergel, 1989). Les déficits pluviométriques des dernières décennies ont causé la baisse des productions vivrières, qui relèvent essentiellement de la culture pluviale (Rabiou *et al.*, 2014).

Pour combler ce déficit de production, les producteurs augmentent les superficies emblavées, soit par déforestation, soit par mise en valeur de terres marginales, au détriment des écosystèmes naturels (Akpo *et al.*, 2003). Les activités humaines telles que l'agriculture sur brûlis, les ranchs et les terres de parcours pastoral, l'exploitation des mines et l'urbanisation ont un impact négatif sur la structure, la composition floristique et la dynamique des écosystèmes naturels (Lykke, 2000 ; Tente et Sinsin, 2002).

Dans le Dallol Bosso, vallée fossile située au sud-ouest du Niger, l'espace est à la fois pastoral, agricole, et voué à la cueillette et la collecte du bois pour des usages domestiques. Sa composante ligneuse connaît une pression élevée, exercée par une population en recherche de compléments alimentaires (Dan Guimbo *et al.*, 2016). Ces ressources ligneuses sont exploitées quotidiennement par les populations rurales à qui elles procurent des produits destinés à l'autoconsommation ou à la vente (Agundez *et al.*, 2016). En raison de mauvaises pratiques de récolte, qui constituent un obstacle à la régénération naturelle, certaines sont menacées de disparition.

L'une d'entre elles, qui figure parmi les espèces ligneuses les plus caractéristiques du Dallol Bosso, est le pommier du Cayor, *Neocarya macrophylla* (Chrysobalanaceae) (photo 1). Cet arbuste ou petit arbre oléagineux forme avec les cultures annuelles un type physiologique de parc agroforestier (photo 2) (Dan Guimbo *et al.*, 2010). Il fait partie des ressources les plus appréciées dans la zone, la saison de disponibilité des fruits coïncidant généralement avec la période de soudure alimentaire (Balla *et al.*, 2008). Son usage le plus répandu est la consommation de la pulpe sucrée et aromatique des fruits frais, appelés localement *gamsa*, que les femmes et les enfants commercialisent (Balla *et al.*, 2008). Les graines ou les amandes sont consommées crues, ou pilées, puis utilisées comme

condiments, ou bien pour en extraire une huile ; le bois est valorisé comme bois d'énergie ou de service (fabrication de pilons et mortiers) et dans la construction des habitations (Dan Guimbo *et al.*, 2010).

Dans le Dallol Bosso, en dehors des travaux de Balla *et al.* (2008) sur la connaissance du savoir-faire endogène dans la valorisation de l'espèce *N. macrophylla* et ceux conduits par Dan Guimbo *et al.* (2016) sur l'analyse des facteurs de pression des parcs à *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn et à *N. macrophylla*, aucune étude n'a porté sur le potentiel et l'état actuel de cette dernière espèce. Or, la surexploitation de ce ligneux, associée à la rudesse du climat et aux pressions pastorales, affecte sa régénération et le menace. Depuis plus d'une dizaine d'années, cette espèce ne se régénérerait pratiquement plus dans les zones écogéographiques correspondantes du Niger, le Dallol Maouri et le Dallol Bosso (Marou *et al.*, 2002). Les individus adultes qui y subsistent sont vieillissants, et les jeunes plants passent pour quasiment inexistant (Balla *et al.*, 2008 ; MHE/LD, 1998).

La connaissance de la structure des populations apparaît nécessaire pour mieux appréhender le niveau de menace et proposer des stratégies de gestion durable. Thiombiano *et al.* (2016) rappellent avec justesse que les inventaires forestiers sont incontournables dans les politiques de gestion durable des ressources ligneuses. C'est à ce titre que se situe l'intérêt de notre travail, qui avait pour objet d'analyser l'état actuel des populations de *N. macrophylla* dans les terroirs du Dallol Bosso.



Photo2.
Un parc à *Neocarya macrophylla*.
Photo K. Aboubacar.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été menée dans les terroirs du Dallol Bosso (figure 1), qui se situe entre les régions de Tillabéri et Dosso et couvre les départements de Ouallam, Filingué et Boboye. Son extension latitudinale est de 330 km, pour une largeur variant de 10 à 20 km. L'altitude moyenne décroît de 250 m à 180 m du nord au sud.

Le Dallol Bosso est une ancienne vallée d'un affluent du fleuve Niger, entaillant un plateau par des escarpements raides formés de cuirasse épaisse, selon toutefois des variantes régionales. Les eaux souterraines sont abondantes et alimentent une nappe phréatique exploitable dans des conditions de recharge, avec une excellente qualité des eaux sous la pluviométrie actuelle. Le fond de la vallée est à peu près plan, en pente longitudinale quasi nulle, ce qui témoigne d'une dégradation du réseau hydrographique de type endoréique, exerçant un frein à la mobilisation des eaux de surface. Entre le plateau et le fond du Dallol, un glacis intermédiaire s'étend selon une pente douce. Les sols, sableux, forment un relief ondulé dunaire comportant des dépressions limono-argileuses, impraticables en période pluvieuse. Leurs aptitudes culturales sont moyennes à médiocres (Sabatier et Paquier, 1988 ; Achard et Chanono, 1995).

Le climat est soudanien à l'extrémité sud (780 mm de précipitations annuelles à Gaya), sud-sahélien dans la partie centrale (600 mm à Birni N'Gaouré), et nord-sahélien à la frontière du Mali (300 à 350 mm à Filingué).

La flore est dominée par *Neocarya macrophylla*, *Borassus aethiopicum* Mart., *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev., *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, et un tapis associant graminées et légumineuses herbacées (Balla et

al., 2008). Au nord (latitude de Filingué) et au centre du Dallol, la formation dominante est une savane ou un parc à *F. albida* et *B. aegyptiaca*. Les affinités soudanaises ne se font sentir qu'à partir de Birni N'Gaouré, avec la présence de *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalziel, *Butyrospermum parkii* (G. Don) Kotschy. Les dépressions sont fréquemment occupées par des formations à palmier doum (*H. thebaica*), exploitées sans relâche, ce qui conduit à l'expression d'un couvert végétal bas, avec de rares herbacées (Sabatier et Paquier, 1988).

La population totale du Dallol approche 330 000 habitants. La densité démographique dans la zone d'étude est relativement élevée, mais recouvre de fortes disparités. La zone dense du Dallol s'étend du sud de Damana à Harikanasou. Le nord de cette zone est en pleine évolution, en raison du recul du pastoralisme. En revanche, au sud de Birni, en raison des facteurs historiques liés à l'occupation peule, la densité diminue alors que les potentialités agricoles augmentent, avec une pluviométrie annuelle de 600 mm.

Dans la zone, les ethnies majoritaires sont les Peuls, puis les Zarmas et les Touaregs, avec la présence des Haousas. L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités rurales, les jeunes quittant les villages à la fin des récoltes pour s'enquérir d'autres activités.

Collecte des données

Après une phase d'observation des paysages agraires, onze sites d'étude ont été choisis en fonction de leur accessibilité, de la présence de *N. macrophylla* dans les systèmes agro-sylvo-pastoraux, de la physionomie des parcs agroforestiers et de la géomorphologie. Cet échantillonnage visait à couvrir toutes les unités géomorphologiques et les types physionomiques du peuplement existant dans la zone d'étude, du sud-ouest au nord-est. L'inventaire a été effectué sur les onze sites distants d'environ 10 km les uns des

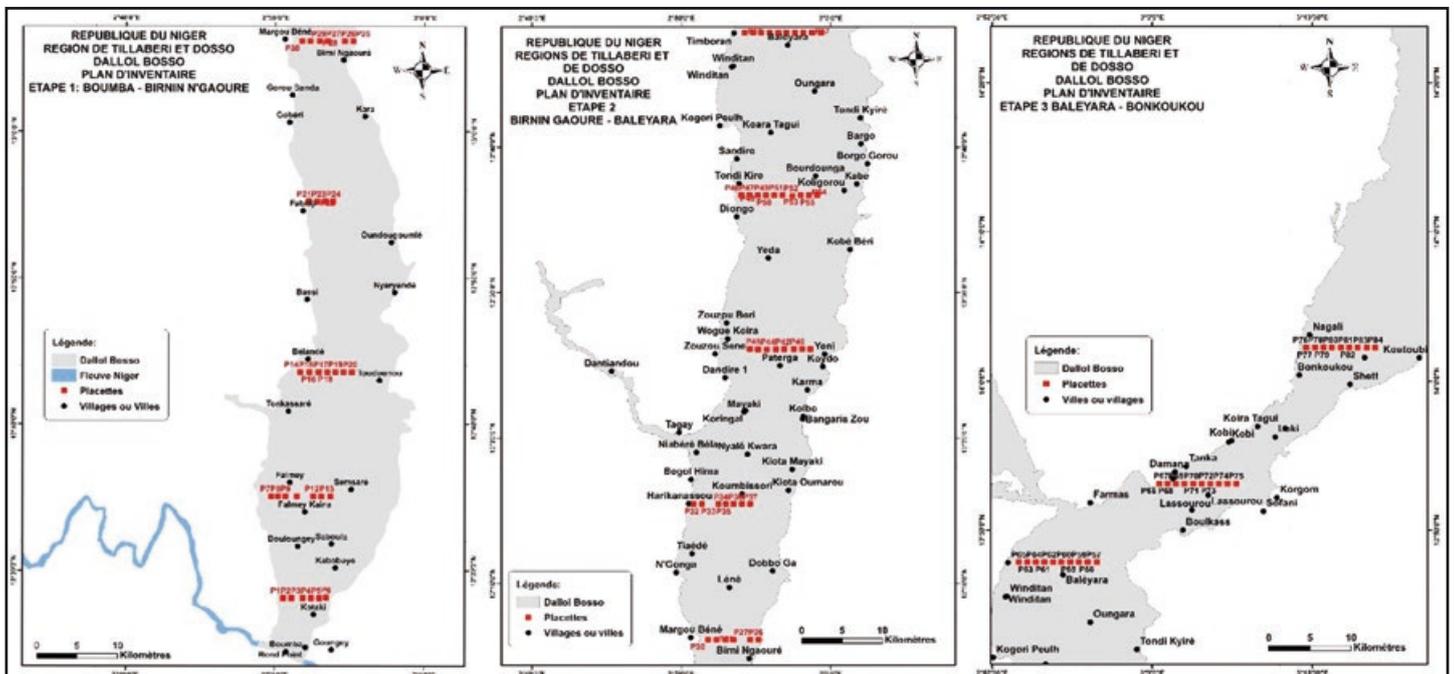


Figure 1.
Carte de la zone d'étude.

autres, localisés le long de la vallée (tableau I). À l'intérieur de chacun de ces sites, au cours du mois d'août 2016, un transect orienté est-ouest a été suivi. Un total de 83 placeaux de 2 500 m² (50 m x 50 m) ont été délimités. Dans chaque placeau, un dénombrement exhaustif des individus de *N. macrophylla* a été réalisé. Pour chacun, la hauteur totale, le diamètre du tronc et le diamètre du houppier ont été renseignés.

Les diamètres ont été mesurés à l'aide d'un compas forestier, et les hauteurs à l'aide d'une tige graduée de 7 m de long. Les tiges juvéniles dont le diamètre du tronc à la base (à moins de 30 cm) est inférieur ou égal à 4 cm ont été dénombrées pour évaluer la régénération dans chaque placeau. Une fiche standard de descripteurs écologiques (localisation, états de surface, texture du sol, recouvrement du sol, occupation agricole, topographie, pente, présence de litière, de bois mort, de bloc de cuirasse, activité de la mésofaune, nature et affleurement de la roche, nature du sol, submersion, drainage superficiel, exposition et gestion actuelle) a été remplie en même temps que les relevés floristiques ont été réalisés. Les coordonnées géographiques des relevés d'inventaire ont été enregistrées à l'aide d'un GPS.

La liste floristique a été établie sur la base des relevés floristiques. Les ouvrages *Arbres et arbustes du Sahel* (von Maydell, 1983), *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest* (Arbonnier, 2009), *Flore du Sénégal* (Berhaut, 1967) et *Lexique des plantes du Niger* (Peyre de Fabregues, 1979) ont servi à l'identification de la flore rencontrée.

Traitement des données

Paramètres structuraux

À partir des données collectées sur le terrain, la richesse floristique et la diversité floristique du peuplement du Dallol, le recouvrement spécifique, la densité et le taux de régénération des populations de *N. macrophylla* ont été calculés.

Tous les individus rencontrés lors de l'inventaire ont été regroupés par espèce, genre et famille. La richesse

floristique a été évaluée à partir de l'effectif des familles, des genres et des espèces rencontrées. La diversité floristique a été estimée par le coefficient générique E/G (nombre d'espèces rapporté au nombre de genres) : une valeur proche de 1 signifie qu'il y a autant d'espèces que de genres ; une valeur supérieure à 1 traduit qu'il y a plus d'une espèce par genre (Aké Assi, 1984). Le recouvrement spécifique est la surface projetée au sol du volume occupé par la cime (Métro, 1975). Le rapport entre les surfaces totales couvertes par les arbres et arbustes et la superficie totale inventoriée représente le taux de recouvrement du sol par les ligneux. La densité des arbres est le rapport des effectifs rencontrés et de la superficie totale des placeaux ; elle permet de comparer différentes situations pour les différentes populations. Le taux de régénération (Tr) de l'espèce est (Poupon, 1970) :

$$\text{Tr} (\%) = \frac{\text{Nombre d'individus de diamètre} \leq 4 \text{ cm}}{\text{Nombre d'individus de diamètre} > 4 \text{ cm}} \times 100$$

Structure démographique

À partir d'un seuil de 5 cm, des classes de diamètre d'amplitude 5 cm ont été constituées. Ces classes ont permis d'établir des histogrammes de distribution des classes de diamètre.

Un test d'ajustement à la distribution théorique de Weibull (Rondeux, 1999) a été réalisé à l'aide du logiciel Minitab 16. La distribution théorique de Weibull à trois paramètres (de position *a*, d'échelle ou taille *b* et de forme *c*) a été utilisée pour caractériser la structure des populations, à la faveur de sa souplesse d'emploi et de la grande variabilité de formes de distribution qu'elle produit. Le paramètre *a* correspond à la valeur seuil, c'est-à-dire à la plus petite valeur de diamètre retenue pour la constitution des histogrammes. Le paramètre *b* est lié à la valeur centrale de la distribution des classes de diamètre. Le paramètre *c* traduit la structure observée et, selon sa valeur, conduit la distribution de Weibull à prendre plusieurs formes.

Tableau I
Caractéristiques des sites.

| Commune | Village | Longitude | Latitude | Nombre d'habitants | Pluviométrie moyenne (mm) |
|----------------|-----------------|-----------|-----------|--------------------|---------------------------|
| Falmeye | Kotaki | 2,876412 | 12,450137 | 2 160 | P > 650 |
| | Falmeye | 2,84989 | 12,600453 | 6 391 | P > 650 |
| | Bélandé | 2,870024 | 12,74092 | 2 791 | P > 650 |
| Fabirdji | Fabirdji | 2,864044 | 12,909617 | 3 971 | P > 650 |
| Birni N'Gaouré | Birni N'Ga-ouré | 2,909244 | 13,081235 | 14 430 | 550 < P < 650 |
| Harikanassou | Harikanassou | 2,841494 | 13,258395 | 23 567 | 550 < P < 650 |
| Kiota | Yéni | 2,9934 | 13,42961 | 107 134 | 450 < P < 550 |
| | Tagazar | Tondikiré | 2,952362 | 13,783488 | 3 976 |
| | Balayara | 3,033311 | 13,700063 | 667 | 450 < P < 550 |
| Tondikandia | Damana | 3,074769 | 13,898501 | 3 607 | 450 < P < 550 |
| Imanan | Bonkoukou | 3,210604 | 14,00665 | 4 881 | 350 < P < 450 |

Source : RGP/H 2012.

Tableau II.
Nombre de genres et d'espèces botaniques
par famille présente dans la zone d'étude.

| Famille | Nombre de genres | Nombre d'espèces |
|------------------|------------------|------------------|
| Fabaceae | 5 | 10 |
| Malvaceae | 4 | 5 |
| Anacardiaceae | 3 | 3 |
| Arecaceae | 2 | 2 |
| Meliaceae | 2 | 2 |
| Annonaceae | 1 | 1 |
| Asclepiadaceae | 1 | 1 |
| Balanitaceae | 1 | 1 |
| Bombacaceae | 1 | 1 |
| Capparaceae | 1 | 1 |
| Chrysobalanaceae | 1 | 1 |
| Ebenaceae | 1 | 1 |
| Euphorbiaceae | 1 | 1 |
| Moraceae | 1 | 1 |
| Moringaceae | 1 | 1 |
| Myrtaceae | 1 | 1 |
| Rhamnaceae | 1 | 1 |
| Sapotaceae | 1 | 1 |
| Verbenaceae | 1 | 1 |
| Total | 30 | 36 |

Pour vérifier la significativité de l'ajustement selon l'hypothèse nulle d'égalité entre la fréquence observée d'une classe de diamètre considérée et la fréquence théorique attendue selon la fonction de Weibull (Agresti, 2010), une analyse log-linéaire, méthode itérative d'analyse de la variance du logarithme des densités des classes, a été effectuée.

Autres analyses statistiques

Une classification ascendante hiérarchique d'une matrice de 83 relevés floristiques en présence/absence, basée sur la distance euclidienne et la méthode de regroupement de Ward, a été réalisée à l'aide du logiciel PCORD (version 5.0) afin d'identifier les groupes végétaux. Les deux espèces ligneuses ayant les recouvrements les plus élevés ont été retenues pour la dénomination des groupes.

Les tests de Shapiro-Wilk et de Levene ont été réalisés pour tester respectivement la normalité et l'égalité des variances de chaque paramètre dendrométrique de *N. macrophylla* (hauteur, densité, diamètre et recouvrement) au sein des groupes végétaux. Lorsque les hypothèses de normalité et d'égalité de variance étaient vérifiées, une analyse de variance à un facteur a été effectuée pour évaluer la différence de chaque paramètre entre les groupes. Le logiciel R (R Development Core Team, 2008) a permis d'effectuer ces mêmes tests statistiques.

Résultats

Composition floristique du peuplement

Le peuplement ligneux du Dallol Bosso comprend 36 espèces réparties en 30 genres et 19 familles (tableau II). Les familles les plus représentées sont les Fabaceae (dix espèces, soit 27,8 %), les Malvaceae (5 espèces, soit 13,9 %) et les Anacardiaceae (trois espèces, soit 8,3 %). Ces familles recouvrent 50 % des espèces observées. Le coefficient générique varie de 1 à 3,3 pour l'ensemble de la flore ; il est égal à 1 pour 70 % des familles représentées.

Identification des groupes végétaux

Le dendrogramme résultant de la classification ascendante hiérarchique des 83 relevés est représenté par la figure 2. Au seuil de 12 % de similarité, on observe trois grands groupes structuraux (GI, GII et GIII). Les critères de la stratification des relevés et des réalités de terrain ont guidé la détermination des groupes végétaux correspondant aux trois groupes structuraux.

Le groupe I est représenté par 34 relevés recouvrant 29 espèces. Ces relevés ont été réalisés au niveau des villages de Kotaki, Yéni, Falmeye et Birni N'Gaouré, où la pluviométrie moyenne annuelle est voisine de 650 mm. Ce groupe présente une affinité soudanienne. Dans cette zone, les dépressions sont fréquemment occupées par des formations à *H. thebaica*, *N. macrophylla*, *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. et *B. aethiopum*, régulièrement défrichées en faveur d'un couvert végétal bas avec de rares herbacées. Entre les plateaux et le fond de vallée, s'étend un glacis intermédiaire de pente faible et de texture sableuse. Localement, divers dépôts sableux forment de petites terrasses. Les eaux y ont tracé des chenaux remplis d'éléments fins mélangés à la litière. Les espèces caractéristiques de ce groupe sont, par recouvrement décroissant, *N. macrophylla*, *F. albida*, *H. thebaica*, *B. aegyptiaca*, *P. reticulatum*, *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Delile, *B. aethiopum*. Le groupe I est dénommé groupe à *N. macrophylla* et *F. albida* (Nm-Fa).

Le groupe II est représenté par des relevés réalisés au niveau des villages de Belindé, Fabirdji, Birni N'Gaouré, Harikanassou, Balayara. La pluviométrie y varie de 450 à 550 mm. La flore ligneuse est caractérisée par des espèces telles que *H. thebaica*, *N. macrophylla*, *F. albida*, *B. aegyptiaca*, *Annona senegalensis* Pers., *Azadirachta indica* A. Juss. et *Calotropis procera* R. Br. Ce groupe est représenté par 22 relevés totalisant 17 espèces, établis dans des champs à pente faible. Le sol, de texture sableuse, est sujet à l'érosion éolienne. Il correspond à la végétation de parc à *H. thebaica*, *N. macrophylla*, *F. albida* et *B. aegyptiaca*. Il est défini comme groupe à *H. thebaica* et *N. macrophylla* (Ht-Nm).

Le groupe III résulte de 27 relevés et présente 25 espèces. Ces relevés ont été réalisés dans les villages de Harkinassou, Tondikiré, Balayara, Damana et Bonkougou, dans des champs dunaires à texture sableuse, cultivés au niveau d'un fond de vallée à surface relativement plane. Les espèces les plus représentées sont *F. albida*, *H. thebaica*, *N. macrophylla*, *A. senegalensis*, *C. procera*, *A. nilotica* et *Ziziphus mauritiana* Lam. Ce groupe est dénommé groupe à *F. albida* et *H. thebaica* (Fa-Ht) (tableau III).

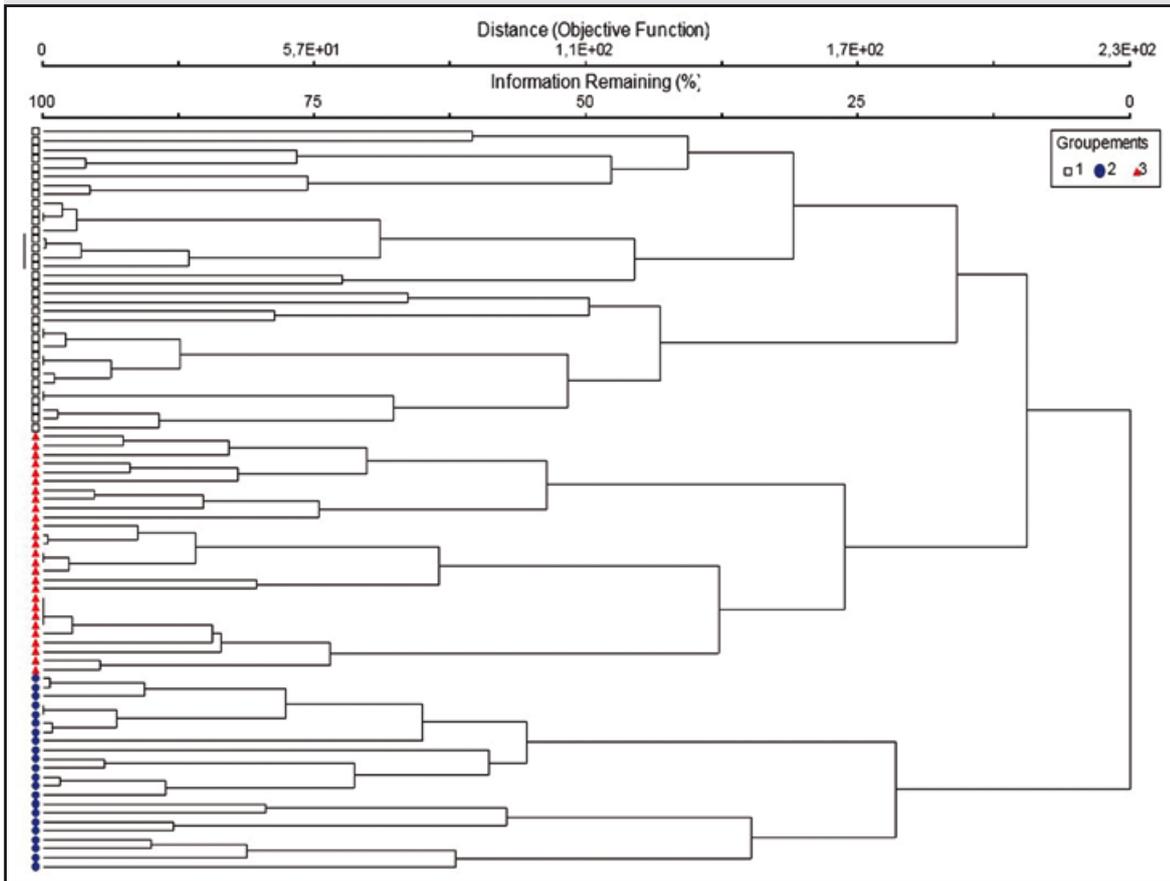


Figure 2.

Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique des relevés floristiques avec les trois groupes floristiques identifiés (1 : Nm-Fa ; 2 : Ht-Nm ; 3 : Fa-Ht) au seuil de 12 % de similarité.

Tableau III.

Distribution des relevés selon les trois groupes végétaux identifiés et les caractéristiques géographiques associées.

| Groupe | Site | Géomorphologie | Topographie | Type de sol | Nombre de relevés | Nombre d'espèces | Espèces dominantes |
|--------|--|----------------|--------------|---|-------------------|------------------|--|
| Nm-Fa | Kotati Yéni Falmeye Birni | Vallée | Pente faible | Texture sableuse et présence de litière | 34 | 29 | <i>Neocarya macrophylla</i> <i>Balanites aegyptiaca</i> |
| Ht-Nm | Belindé Fabirdji Birni Harkinassou Balayara | Vallée | Pente faible | Texture sableuse et présence de litière | 22 | 17 | <i>Faidherbia albida</i> <i>Neocarya macrophylla</i> |
| Fa-Ht | Harikanassou Tondikiré Balayara Damana Bonkougou | Vallée | Pente faible | Texture sableuse et présence de litière | 27 | 25 | <i>Faidherbia albida</i> <i>Hyphaene thebaica</i> |

Tableau IV.

Moyenne et écart-type des paramètres dendrométriques de *Neocarya macrophylla* dans chacun des trois groupes végétaux distingués (Nm-Fa, Ht-Nm et Fa-Ht).

| Paramètres | Nm-Fa | Ht-Nm | Fa-Ht | Valeur F de Fisher et significativité |
|--------------------|-----------------|---------------|----------------|---------------------------------------|
| Hauteur (m) | 5,04 ± 2,2 (a) | 3,95 ± 2 (b) | 5,56 ± 1,4 (c) | 20,74*** |
| Diamètre (cm) | 29 ± 20 (a) | 24,5 ± 18 (b) | 40,4 ± 12 (c) | 16,3*** |
| Densité (pieds/ha) | 25,18 ± 28 (ab) | 47,4 ± 73 (b) | 5,8 ± 13 (a) | 6,93*** |
| Recouvrement (%) | 15,04 ± 12 (b) | 10,03 ± 9 (b) | 2,94 ± 5,9 (a) | 9,29*** |

*** P < 0,001. Sur chaque ligne, les valeurs accompagnées par des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

Caractéristiques dendrométriques de *N. macrophylla* dans les trois groupes

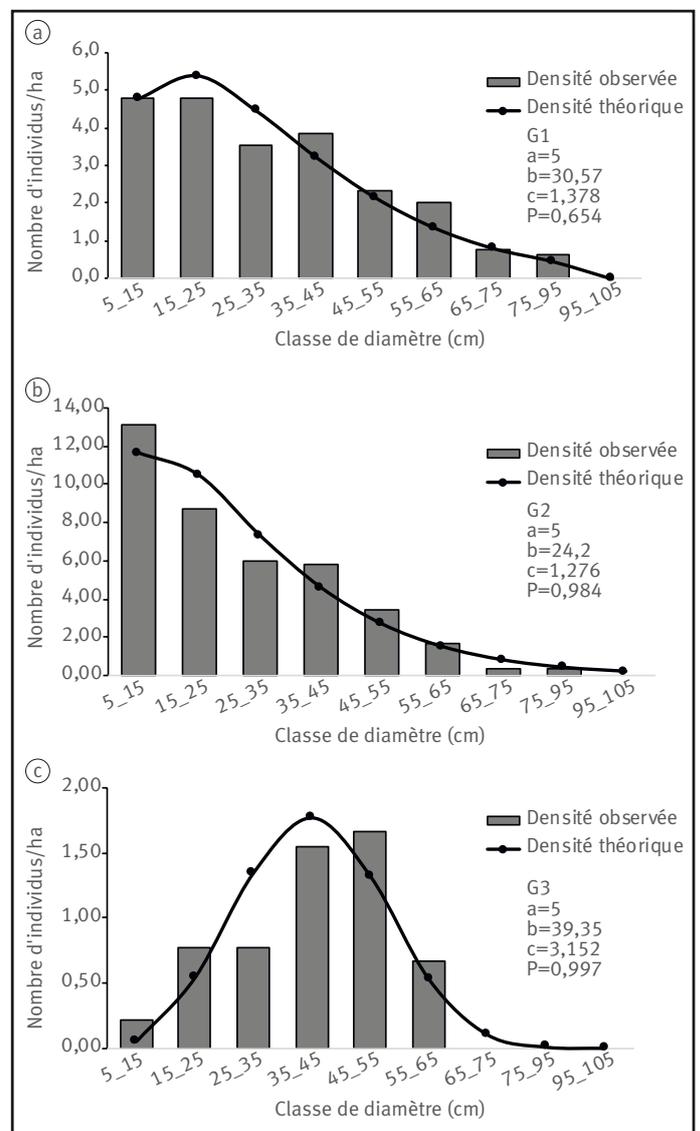
Au sein de ces trois groupes, les individus de *N. macrophylla* disposent de caractéristiques dendrométriques différentes (tableau IV). Les groupes Nm-Fa et Ht-Nm présentent les pourcentages de recouvrement (respectivement 15,04 ± 12,0 % et 10,03 ± 9,0 %) significativement les plus élevés (P < 0,001 ; F = 9,29). De plus, les individus du groupe Ht-Nm ont les mesures significativement les plus faibles pour la hauteur (3,95 ± 2,0 m ; P < 0,001 ; F = 20,74) et le diamètre (24,5 ± 18,0 cm ; P < 0,001 ; F = 16,3), mais aussi les plus grandes valeurs de densité (47,4 ± 73 pieds/ha ; P < 0,001 ; F = 6,93). Le diamètre significativement le plus élevé se manifeste dans le groupe Fa-Ht (40,4 ± 12 cm ; P < 0,001 ; F = 16,3).

Structure en diamètre de *N. macrophylla* dans les trois groupes

Les répartitions en classes de diamètre des individus de *N. macrophylla* pour les trois groupes (Nm-Fa, Ht-Nm et Fa-Ht) sont présentées dans la figure 3. Cette dernière montre que les distributions observées des trois groupes s'ajustent avec leurs distributions théoriques de Weibull (P > 0,05 et Chi² > 12,9). Les valeurs du paramètre de forme c sont comprises entre 1 et 3,6 pour les trois groupes, traduisant une distribution asymétrique positive, caractérisée par une prédominance d'individus jeunes et de faible diamètre. Le groupe à Fa-Ht se distingue toutefois par une forte densité d'individus dans les classes intermédiaires (photo 3) 35-45 cm et 45-55 cm, et de faibles valeurs pour les individus jeunes ou âgés.

Variation du potentiel de régénération naturelle de *N. macrophylla*

Les individus jeunes de diamètre inférieur à 4 cm sont assez bien représentés dans les populations de *N. macrophylla*. Le taux de régénération global de la population de *N. macrophylla* est de 486,7 % pour un effectif total de 2 239 jeunes pieds observés.

**Figure 3.**

Structure en diamètre des groupements : (a) *Neocarya macrophylla* et *Faidherbia albida* (Nm-Fa), (b) *Hyphaene thebaica* et *Neocarya macrophylla* (Ht-Nm) et (c) *Faidherbia albida* et *Hyphaene thebaica* (Fa-Ht) avec imposition de leurs distributions de Weibull avec les paramètres de position (a), d'échelle (b), de forme (c) et la probabilité liée à l'analyse log-linéaire (P).



Photo 3.
Répartition contagieuse des pieds de *Neocarya macrophylla* dans un champ de mil.
Photo K. Aboubacar.

Les groupes Nm-Fa (figure 3a) et Ht-Nm (figure 3b) présentent les taux de régénération les plus élevés, respectivement égaux à 421,8 % et 628,7 %. Le taux de régénération du groupe Fa-Ht (60,4 %) reste faible (figure 3c), avec l'absence d'individus jeunes par endroits. La régénération est plus élevée à proximité des rizières (1 470 plants juvéniles, soit 65,6 %) qu'ailleurs (678 plants juvéniles, soit 30,3 %, pour les autres unités ; 76 plants juvéniles, soit 3,4 %, dans le complexe champs/jachères ; et 15 plants juvéniles, soit 0,7 %, pour le complexe champs/rizières) (tableau V).

N. macrophylla se régénère essentiellement par semis (87,6 %), plus faiblement par rejets de souche (11,1 %). La régénération par marcottage terrestre et par drageonnage n'a pas été observée.

Discussion

Diversité floristique du peuplement à *N. macrophylla*

La diversité floristique du peuplement ligneux du Dal-lol Bosso est faible. La flore ligneuse présente une faible valeur du coefficient générique, avec une prépondérance des familles et genres représentés par une seule espèce.

Les trois groupes structuraux identifiés traduisent l'hétérogénéité des conditions morphopédologiques et topographiques (plage de dunes, pentes et dépressions), en relation avec les écoulements des eaux, à l'origine d'une mosaïque de faciès où ces eaux se concentrent et la matière organique s'accumule. Ils sont distribués selon un gradient pluviométrique sud-nord. Le groupe Nm-Fa se situe à l'extrême sud de la zone soudano-sahélienne, plus humide, avec une pluviométrie de 650 mm. Le peuplement ligneux est dense et dominé par *N. macrophylla*, *F. albida*, *H. thebaïca*, *B. aegyptiaca*, *P. reticulatum*, *A. nilotica* et *Borassus aethiopicum*. Le groupe Ht-Nm regroupe les espèces dans la zone sahélienne, moins arrosée, avec une pluviométrie voisine de 450 mm, et plus anthropisée par la mise en culture. Les principales espèces sont similaires aux précédentes, avec quelques indicatrices d'anthropisation comme *C. procerca* et *A. indica*. Ces deux groupes sont favorables à la régénération de *N. macrophylla*, contrairement à Fa-Ht.

Les amandes, enveloppées d'une coque coriace les protégeant des intempéries, tombent au sol sous la couronne de l'arbre (Dan Guimbo *et al.*, 2011) et germent sur place. La croissance primaire sous et autour du houppier pendant la saison des pluies est caractérisée par une phase d'élongation. De nombreuses plantules subissent des traumatismes à la période des fortes chaleurs, entraînant leur mort ou l'émission de rejets à l'occasion d'une pluie, comme cela a été observé sur *Azelia africana* Sm. ex Pers (Onana

Tableau V.

Variation de l'importance des jeunes plants de *N. macrophylla* recensés et stratégies de régénération en fonction des groupes structuraux.

| Groupes structuraux | | Nm-Fa | Ht-Nm | Fa-Ht | Total |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|---------------|------------------|
| Nombre d'arbres | | 887 | 1 727 | 85 | 2 699 |
| | Potentiel de régénération | | | | |
| Effectif total des individus adultes | | 170 | 237 | 53 | 460 |
| Effectif total des jeunes | | 717 | 1 490 | 32 | 2 239 |
| Taux de régénération (%) | | 421,76 | 628,69 | 60,38 | 486,74 |
| Stratégie de régénération | Effectif de pieds issus de semis | 819 (92,35) | 1 421 (82,28) | 82 (96,61) | 2 365 (87,61) |
| | Effectif des pieds issus de rejets | 78 (8,82) | 262 (15,19) | 0 | 299 (11,09) |
| Unités de gestion | Champ et mare | 76 | 0 | 0 | 76 |
| | Rizière/mare | 641 | 829 | 0 | 1 470 |
| | Champ/rizière | 0 | 0 | 15 | 15 |
| | Autres | 0 | 661 | 17 | 678 |

Les valeurs entre parenthèses expriment les proportions en pourcentage.

et Devineau, 2002). Dans la zone du Dallol, le développement des plantules est aussi probablement entravé par les parcours des troupeaux et les défrichements, comme cela a été également relevé au nord du Cameroun sur cette même espèce (Onana et Devineau, 2002).

Caractéristiques structurales des peuplements ligneux

La densité, la hauteur, le diamètre et le recouvrement présentent deux tendances. La densité est plus élevée pour le groupe Ht-Nm ($47,4 \pm 73$ pieds/ha) que pour le groupe Nm-Fa ($25,18 \pm 28$ pieds/ha), et plus encore que pour le groupe Fa-Ht ($5,8 \pm 13$ pieds/ha). Ces valeurs élevées comparativement au groupe Fa-Ht semblent provenir d'une pratique paysanne appelée « régénération naturelle assistée ». Cette technique consiste à protéger les arbres dans les champs pour améliorer leur fertilité (Larwanou et al., 2010). Par ailleurs, le diamètre et la hauteur d'une espèce dicotylédone constituent des indicateurs. Les valeurs significativement élevées pour ces paramètres dans le groupe Fa-Ht, comparativement aux autres groupes, pourraient traduire l'adaptation de l'espèce dans cette zone. Enfin, le taux de recouvrement pourrait traduire l'importance de l'espèce en tant que contributrice de biens et services écosystémiques (Dan Guimbo et al., 2012).

Les peuplements de *N. macrophylla* présentent une distribution diamétrique caractérisée par la prédominance d'individus de diamètres compris entre 5 et 25 cm pour les groupes Nm-Fa et Ht-Nm. Cette structure est souvent observée dans les écosystèmes forestiers non perturbés (Adjou et al., 2009). Au sein de ces deux premiers groupes, les individus matures sont également bien représentés. En revanche, le groupe Fa-Ht est caractérisé par une densité élevée d'individus dans les classes intermédiaires (35-45 cm et 45-55 cm), avec de faibles valeurs pour les individus jeunes ou âgés, en lien possible avec les perturbations anthropiques exercées par les agriculteurs et les éleveurs.

Potentiel de régénération naturelle et stratégie de multiplication

N. macrophylla présente de bonnes dispositions naturelles à la régénération, avec un taux de régénération global de 486,7 %. La population présente une distribution diamétrique marquée par la prédominance d'individus de faible diamètre. Ce type de distribution s'ajuste à une distribution théorique de Weibull avec un paramètre de forme ($1 < c < 3,6$). Mais la régénération varie avec les groupes structuraux. Les groupes Nm-Fa et Ht-Nm sont bien représentés par les juvéniles. La forte représentativité des individus jeunes dans les populations de *N. macrophylla* au sein des groupes Nm-Fa et Ht-Nm est manifestement liée à la dissémination des graines et aux conditions écologiques favorables des stations (bilan hydrique favorable, forte concentration des litières sous canopée, mosaïque de dépôts de matière organique piégés par les souches d'arbres ou les résidus des récoltes).

Sous *P. biglobosa*, le rayonnement photosynthétiquement actif ne représente que 20 % de celui de la zone découverte (Akpo et Gourzis, 1997), ce qui entraîne l'abaissement

de la température. La réduction de la vitesse du vent conduit à une réduction de l'évaporation (Charreau et Vidal, 1965). L'arbre intercepte en outre les pluies ; il en redistribue une partie vers l'atmosphère par transpiration et une autre vers le sol par égouttement des feuillages et écoulement le long du tronc (Akpo et Gourzis, 1997). Les teneurs en carbone, magnésium et potassium des horizons de surface sont en outre plus élevées sous couvert de *P. biglobosa* et *V. paradoxa* qu'à l'extérieur (Kater et al., 1992), et le pH est légèrement acide sous *P. biglobosa*. Globalement, ces arbres améliorent les conditions microclimatiques et trophiques à leur voisinage.

Cependant, la survie des plantules reste faible, dans un contexte de surpâturage, de forte chaleur en saison sèche et de pratique du sarclage. Ce phénomène a été observé par Onana et Devineau (2002) pour *A. africana* dans le parc de la Bénoué de même qu'à Tchéboa (zone cynégétique de l'école de faune de Garoua, au Cameroun), et par Douma et al. (2007) sur *Maerua crassifolia* Forssk. dans les parcours de la station expérimentale de Toukounous, en zone sahélienne au Niger. Le surpâturage autour des individus reproducteurs peut, à long terme, entraîner l'épuisement des réserves racinaires et compromettre la régénération. Cela s'apparente également aux observations de Akpo et Grouzis (1996) dans un peuplement ligneux au Ferlo, au nord du Sénégal.

En revanche, le groupe Fa-Ht présente peu d'individus jeunes et davantage d'individus adultes. Ces valeurs restent faibles à cause de la forte pression humaine. En saison sèche, les jeunes plants sont broutés et piétinés par des troupeaux en pâturage après les récoltes. En outre, les semenciers produisent trop peu de graines pour assurer la régénération, face aux prélèvements assurés par les populations.

Conclusion

Cette étude fournit des indicateurs de gestion durable de la population naturelle de *N. macrophylla* dans le Dallol Bosso. Dans la zone d'étude, l'espèce présente un potentiel de régénération naturelle élevé, essentiellement par reproduction sexuée, mais la régénération effective reste modeste. La très faible densité des individus à gros diamètre est liée à l'anthropisation. Le défrichage et le surpâturage autour des semenciers excluent les individus de classe diamétrique moyenne ou faible, au profit des individus âgés.

Il est souhaitable de poursuivre les recherches au sein des trois groupes végétaux afin d'envisager des possibilités de régénération assistée. La mise en place de règles de gestion participative est envisageable dans le Dallol Bosso. Ces règles pourraient porter sur l'interdiction de la pâture sous semenciers, de l'abattage des semenciers, et la mise en défens temporaire de sites à régénération élevée.

Références bibliographiques

- Achard F., Chanono M., 1995. Un système d'élevage performant bien adapté à l'aridité à Toukounous dans le Sahel nigérien. Note méthodologique. *Sécheresse* ; 2 (6) : 215-222. <http://www.jle.com/fr/>
- Adjou K., Bellefontaine R., Kokou K., 2009. Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo : structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes. *Sécheresse*, 20 (1e) : e1-e10. <http://www.jle.com/>
- Agresti A., 2010. *Analysis of Ordinal Categorical Data*. 2nd edition. New York, USA, Wiley, 424 p.
- Agundez D., Douma S., Madrigal J., Gomez-Ramos A., Vinceti B., Alia R., *et al.*, 2016. Conservation of food tree species in Niger: towards a participatory approach in rural communities. *Forest Systems*, 25 (3): e080. <http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/9558/3121>
- Aké Assi L., 1984. Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 1 206 p.
- Akpo L. E., Grouzis M., 1997. Interaction arbre/herbe en zones arides et semi arides d'Afrique : état des connaissances. In : Bonkoungou E. G., Ayuk E. T., Zoungrana I. (éds). Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Actes du symposium international tenu à Ouagadougou, Burkina Faso, 25-27 octobre 1993. Nairobi, Kenya, ICRAF, 64-65.
- Akpo L. E., Grouzis M., 1996. Influence du couvert sur la régénération naturelle de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord-Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia*, 50 (2) : 247-263.
- Akpo L. E., Coly I., Sarr D., Ngom D., Ndao S., 2003. Les modes d'occupation des terres et la gestion des ressources forestières en zone soudanienne d'Afrique de l'Ouest. L'exemple du bassin versant de la Néma au Sénégal. In : Dugué P., Joue P. (éds). Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, 25-27 février 2003, Montpellier, France. Montpellier, Cirad-Cnearc. 1 CD-Rom. http://hubrural.org/IMG/pdf/cirad_colloque_akpo_nema_senegal.pdf
- Arbonnier M., 2009. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 3^e édition revue et corrigée. Versailles, France, MNHN, Éditions Quæ, 573 p.
- Balla A., Barage M., Larwanou M., Adam T., 2008. Le savoir-faire endogène dans la valorisation alimentaire des fruits du pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla*) au Niger. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 59 : 1-8. http://www.slire.net/download/705/article1_brab59_balla_et_al_le_savoir-faire_endog_ne-valorisation_alimentaire-fruits-pommier-cayor.pdf
- Berhaut J., 1967. Flore du Sénégal, 2^e édition plus complète avec les forêts humides de la Casamance. Dakar, Sénégal, Éditions Clairafrique, 485 p.
- Charreau C., Vidal K., 1965. Influence de l'*Acacia albida* Del. sur le sol, la nutrition minérale et les rendements des mils *Pennisetum* du Sénégal. *L'Agronomie Tropicale*, 20 (6-7) : 600-625.
- Dan Guimbo I., Mahamane A., Ambouta K. J. M., 2010. Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. C.F.) dans le sud-ouest nigérien : diversité, structure et régénération. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4 (5) : 1706-1720. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v4i5.65568>
- Dan Guimbo I., Ambouta K. J. M., Mahamane A., Larwanou M., 2011. Germination et croissance initiale de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, une espèce oléagineuse du Niger. *Tropicicultura*, 29 (2) : 88-93. <http://www.tropicultura.org/text/v29n2/88.pdf>
- Dan Guimbo I., Barage M., Douma S., 2012. Études préliminaires sur l'utilisation alimentaire des plantes spontanées dans les zones périphériques du parc W du Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (6) : 4007-4017. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.12>
- Dan Guimbo I., Morou B., Rabiou H., Larwanou M., 2016. Facteurs de pression sur les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et à *Neocarya macrophylla* dans le Sud-ouest du Niger (Afrique de l'Ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 107 : 10407-10417. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v107i1.6>
- Douma S., Diatta S., Kabore-Zoungrana C. Y., Banoin M., Akpo L. E., 2007. Caractérisation des terres de parcours sahéliennes : typologie du peuplement ligneux de la station sahélienne expérimentale de Toukounous au Niger. *Journal des Sciences*, 7 : 1-16.
- Grouzis M., 1988. Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso). Paris, France, ORSTOM, coll. Études et Thèses, 336 p. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/etudes_theses/25739.pdf
- Grouzis M., Albergel J., 1989. Du risque climatique à la contrainte écologique : incidence de la sécheresse sur les productions végétales et le milieu au Burkina Faso. In : Eldin M., Milleville P. (éds). *Le risque en agriculture*. Paris, France, Orstom, 243-254.
- Kater L. J. M., Kanté S., Budelman A., 1992. Karite (*Vitellaria paradoxa*) and nere (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. *Agroforestry Systems*, 18: 89-106.

- Larwanou M., Oumarou I., Snook L., Danguimbo I., Eyog-Matig O., 2010. Pratiques sylvicoles et culturelles dans les parcs agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi au Niger. *Tropicicultura*, 28 (2) : 115-122. <http://www.forestday.org/fileadmin/downloads/fd5/Tropicicultura.pdf>
- Lericollais A., 1988. La gestion du paysage ? Sahélisation, surexploitation et délaisement des terroirs sereer au Sénégal. *In* : La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest. Séminaire de Dakar, Sénégal, Orstom, 16 p.
- Lykke A. M., 2000. Local perception of vegetation change and priorities for conservation of woody savanna vegetation in Senegal. *Journal of Environmental Management*, 59: 107-120. <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0336>
- Marou Z. A., Abass A. T., Bokar M., Niang A., Cheick O. T., 2002. Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région de Maradi au Niger. Rapport d'activité. Niamey, Niger, INRAN/ICRAF, 56 p. <http://docplayer.fr/78615306-Analyse-de-l-adoption-de-la-regeneration-naturelle-assistee-dans-la-region-de-maradi-au-niger.html>
- Maydell (von) H. J., 1983. Arbres et arbustes du Sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 31 (3-4) : 262-263. https://www.persee.fr/doc/jatba_0183-5173_1984_num_31_3_3924_t1_0262_0000_1
- Métro A., 1975. Dictionnaire forestier multilingue. Terminologie forestière, sciences forestières, technologie, pratiques et produits forestiers. Version française. Collection de terminologie forestière multilingue n° 2. Paris, France, Association française des eaux et forêts, Conseil international de la langue française, 434 p.
- MHE/LD (Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification), 1998. Évaluation de la diversité biologique au Niger. Éléments constitutifs de la biodiversité végétale. Rapport de consultation. Niamey, Niger, Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification, 45 p.
- Onana J., Devineau J.-L., 2002. *Afzelia africana* Smith ex Person dans le Nord-Cameroun. État actuel des peuplements et utilisation pastorale. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 55 (1) : 39-45. <https://doi.org/10.19182/remvt.9844>
- Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K., Guinko S., 2006. Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse*, 17 (4) : 485-491.
- Peyre de Fabrègues B., 1979. Lexique des plantes du Niger. Noms scientifiques. Noms vernaculaires. Maisons-Alfort, France, GERDAT-IEMVT, 156 p.
- Poupon H., 1970. Sur la croissance de quelques espèces de pins dans ses rapports avec le climat du nord de la Tunisie. Thèse 3^e cycle, Faculté des Sciences Orsay, France, 129 p.
- R Development Core Team, 2008. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>
- Rabiou H., Inoussa M. M., Bakasso Y., Diouf A., Mamoudou M. B., Mahamane A., *et al.*, 2014. Structure de la population de *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. ex Poir suivant la toposéquence dans la commune de Simiri (Niger). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 23 (3) : 3657-3669.
- Rondeux J., 1999. La mesure des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique, Les Presses agronomiques de Gembloux, 522 p. <http://hdl.handle.net/2268/108388>
- Sabatier J.-L., Paquier A., 1988. Irrigation et développement. Le cas du Dallol Bosso (Niger). *Les Cahiers de la Recherche-Développement*, 18 : 23-37. http://cahiers-recherche-developpement.cirad.fr/revue/notice_fr.php?dk=447528
- Tente B., Sinsin B., 2002. Diversité et structure des formations arborescentes du secteur Perma-Toucountouna dans la chaîne de l'Atacora (Bénin). *Études sur la Flore et la Végétation du Burkina Faso*, 6 : 31-42.
- Thiombiano A., Glèlè Kakaï R., Bayen P., Boussim J. I., Mahamane A., 2016. Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'Ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques*, 20, spécial Projet Undesert-UE : 15-31. <http://bec.uac.bj/publication/127/Article>
- Toupet C.-H., 1989. Comparaison de sécheresses historiques et de la sécheresse actuelle. Essai de définition de la sécheresse et de l'aridification. *In* : Bret B. (coord.). Les hommes face aux sécheresses, Nordeste brésilien, Sahel africain. Éditions de l'IHEAL, 77-83. <http://books.openedition.org/iheal/1229?lang=fr>

Bois et Forêts des Tropiques - Revue scientifique du Cirad



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