

Caractérisation de la Dynamique des Peuplements Ligneux du Centre Nationale de Recherches Agronomiques de Bambey (Diourbel/Sénégal)

Issa Diakite

Ingénieur des Travaux des Eaux et Forêts
Direction des Eaux et Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols/Sénégal

Pape Ibrahima Djighaly

Post-doc, PhD, Microbiologie/Agrophysiologie
Université Assane Seck de Ziguinchor/Sénégal

Amsatou Thiam

Enseignant chercheur, PhD, Foresterie
Université Alioune Diop de Bambey/ISFAR/Sénégal

Dioumacor Fall

Maitre de recherches, PhD, Microbiologie/ physiologie des plantes
Institut Sénégalais de Recherches Agricoles/Sénégal

Nathalie Diagne

Maitre de recherches, PhD, Microbiologie
Institut Sénégalais de Recherches Agricoles/Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n6p177](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n6p177)

Submitted: 10 January 2024
Accepted: 23 February 2024
Published: 29 February 2024

Copyright 2024 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Diakite I., Djighaly P.I., Thiam A., Fall D. & Diagne N. (2024). *Caractérisation de la Dynamique des Peuplements Ligneux du Centre Nationale de Recherches Agronomiques de Bambey (Diourbel/Sénégal)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (6), 177.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n6p177>

Résumé

Le Sénégal, à l'instar des autres pays sahéliens, est confronté à la dégradation de ses espaces forestiers due à un ensemble de facteurs tels que : les défrichements agricoles, les feux tardifs, l'exploitation anarchique, etc. Ce phénomène est plus accentué dans la région de Diourbel où l'un des très rares poumons verts se trouve dans le site du Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey (CNRA). Cette étude avait comme objectifs de caractériser et d'estimer le potentiel des ligneux dans cette formation forestière dans le but de donner formuler des recommandations. Un inventaire

systematique sur 103 placettes de 50 X 50 m a été réalisé en 2018. Les paramètres recherchés ont été : la richesse spécifique, la densité du peuplement, la surface terrière, le volume de bois, le couvert aérien, la régénération, la structure horizontale et verticale, les observations sur l'émondage, le vieillissement, etc. Ainsi, 28 espèces appartenants à 13 familles ont été recensées. Les familles des Mimosaceae (28,57%) et des Combretaceae (17,86%) dominent la végétation. Pour les individus adultes, la densité est de 98 individus/ha, dominée par *Acacia seyal*, tandis que la régénération s'élève à 581 plantules/ha, dominée par *Combretum aculeatum*. La surface terrière du peuplement est estimée à 2,12 m²/ha, le couvert aérien (3223,08 m²/ha) et le volume (13,83 m³/ha). La distribution du peuplement par classe de diamètre et de hauteur révèle la prédominance de la strate arbustive. Les observations ont montré la présence de pratiques anthropiques qui pourraient contribuer à la régression de la dynamique du peuplement par la diminution du couvert végétal et la disparition de certaines espèces (*Deterium microcarpum*, *Pterocarpus erinaceus* et *Sterculia setigera*) constatée dans cette formation. Ces résultats montrent l'urgence de mettre en place une stratégie de gestion en étroite collaboration avec les communautés pour la conservation et la restauration du couvert végétale de cette formation boisée de 149 ha.

Mots-clés : Peuplement, ligneux, flore, distribution, Formation boisée, Sénégal

Characterisation of the Dynamics of Woody Stands at the Bambey National Centre for Agronomic Research (Diourbel/Senegal)

Issa Diakite

Ingénieur des Travaux des Eaux et Forêts
Direction des Eaux et Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols/Sénégal

Pape Ibrahima Djighaly

Post-doc, PhD, Microbiologie/Agrophysiologie
Université Assane Seck de Ziguinchor/Sénégal

Amsatou Thiam

Enseignant chercheur, PhD, Foresterie
Université Alioune Diop de Bambey/ISFAR/Sénégal

Dioumacor Fall

Maitre de recherches, PhD, Microbiologie/ physiologie des plantes
Institut Sénégalais de Recherches Agricoles/Sénégal

Nathalie Diagne

Maitre de recherches, PhD, Microbiologie
Institut Sénégalais de Recherches Agricoles/Sénégal

Abstract

Senegal, like other Sahelian countries, is faced with the degradation of its forest areas due to a combination of factors such as agricultural clearing, late fires, uncontrolled logging, etc. This phenomenon is more pronounced in the Diourbel region, where one of the very few green lungs is located on the site of the Centre National de Recherches Agronomiques Bambey (CNRA). This phenomenon is more pronounced in the Diourbel region, where one of the very few green lungs can be found on the site of the “Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey” (CNRA). The objectives of this study were to characterize and estimate the potential of woody species in this forest formation, to formulate recommendations. A systematic inventory of 103 50 x 50 m plots was carried out in 2018. The parameters investigated were: species richness, stand density, basal area, wood volume, aerial cover, regeneration, horizontal and vertical structure, observations on pruning, aging, etc. A total of 28 species belonging to 13 families were inventoried. Among these families, Mimosaceae (28,57%) and Combretaceae (17,86%) dominate the vegetation. The density of adult trees is 98 individuals/ha, dominated by *Acacia seyal*, while regeneration amounts to 581 seedlings/ha, dominated by *Combretum aculeatum*. The basal area of the stand is estimated at 2.12 m²/ha, the aerial cover (3223.08 m²/ha), and the volume (13.83 m³/ha). The

distribution of the stand-by diameter and height class reveals the predominance of the shrub layer. Observations revealed the presence of human practices that could be contributing to the decline in stand dynamics through the reduction in plant cover and the disappearance of certain species (*Deterium microcarpum*, *Pterocarpus erinaceus*, and *Sterculia setigera*) observed in this formation. These results show the urgent need to implement a management strategy in close collaboration with the communities to conserve and restore the plant cover of this 149 ha woodland formation.

Keywords: Stand, ligneous, flora, distribution, woodland, Senegal

Introduction

Les forêts jouent un rôle multiforme considérable dans la survie des populations et la dynamique des paysages (Solly *et al.*, 2020). Elles contribuent, en effet, au maintien des processus écologiques et constituent une source substantielle de ressources alimentaires, énergétiques et pharmacologiques pour de nombreuses populations (FAO, 2018). Sous l'effet du changement global (Cordonnier *et al.*, 2023) et des activités humaines, la plupart des paysages de par le monde sont modifiés ou transformés pour répondre aux besoins socio-économiques des populations (Mballo *et al.*, 2021). Ce phénomène conduit à la fragmentation et à la perte d'habitats de la faune et de la flore.

L'état des forêts de notre planète devient de plus en plus inquiétant selon les résultats des évaluations mondiales réalisées par diverses institutions telles que : l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le Programme International Géosphère-Biosphère (PIGB), le Centre conjoint de Recherche de la Commission Européenne (JRC) et le Centre Mondial de Surveillance de la Conservation (WCMC) entre 1990 et 2015. Ces évaluations ont montré que la superficie des forêts est passée de 4,128 milliards d'hectares à 3,999 milliards d'hectares entre 1990 et 2015 ; et ceci sous les effets combinés de la dégradation, la fragmentation, le déboisement, l'empiétement des populations, entre autres.

La situation est beaucoup plus alarmante dans les pays en développement (Amérique Latine, Afrique et Asie) et notamment en Afrique où 2,8 millions d'hectares de forêts ont disparu en cinq ans (2010 à 2015), sous les effets néfastes de la déforestation (FAO, 2015). Pourtant, pour lutter contre la disparition de leurs forêts et assurer une bonne gestion, la majorité des états africains avait placé leurs ressources forestières sous juridiction, depuis plusieurs décennies (FAO, 2015).

Ainsi la déforestation rapide dans la Sous-région constitue un problème préoccupant par l'ampleur de la dégradation amorcée depuis les années 1970. Dans la région du Sahel, le bois et le charbon de bois constituent

les principales causes de la déforestation (CEDEAO, 2009). Ces derniers couvrent respectivement environ 60,93 et 96% des besoins en énergie au Sénégal, au Mali et au Burkina-Faso.

Au Sénégal, les forêts couvrent une superficie de 8 068 160 ha (DEFCCS, 2022). Elles subissent plusieurs agressions d'ordre physiques et anthropiques entraînant une perte moyenne annuelle de 40 000 ha entre 2010 et 2015 (FAO, 2015). Plusieurs facteurs expliquent la persistance de ces phénomènes de dégradation continue des formations forestières malgré les efforts consentis en termes de reboisement et de protection des forêts. Il s'agit entre autres, des effets adverses des changements climatiques, de la pression exercée par l'exploitation forestière pour l'approvisionnement en bois-énergie des agglomérations urbaines, y compris l'exploitation clandestine et la persistance de certaines pratiques néfastes (élagage, coupe abusive, feux de brousse, etc.).

Le recours aux ressources forestières se traduit par une forte pression qui les expose à des risques de dégradations irréversibles. La destruction rapide des forêts (Kassoum, 2018) est d'autant plus dramatique que leur importance n'est pas reflétée par les indicateurs macro-économiques.

La diminution du potentiel ligneux est quant à elle, estimée à 18 millions de m³ entre 1980 et 1990 soit une moyenne annuelle de 1,8 millions de m³/an (CSE, 2005). Selon les indications de l'ISRA (Institut Sénégalais de Recherche Agricole), le rythme de déboisement annuel pour l'utilisation du bois combustible est deux fois plus élevé que celui de la reforestation même dans les régions de Tambacounda, Kolda et Ziguinchor (MEDD, 2017). Et ce, malgré les efforts de reboisement qui se font au niveau national mais avec des taux de succès souvent très faible.

La formation boisée du CNRA de Bambey fait partie des rares poumons verts de la région de Diourbel. Cependant, ce bois n'échappe pas à cette dégradation. En effet, cette dégradation du potentiel ligneux a complètement transformé le faciès de ce bois. Ainsi, il s'avère nécessaire de connaître l'état actuel du peuplement et de formuler des recommandations en termes de lutte contre le phénomène d'anthropisation et aussi en termes de repeuplement. C'est dans ce contexte que notre étude s'intègre avec comme objectif général, de contribuer à une meilleure connaissance des peuplements forestiers du Sénégal, elle vise à estimer l'état actuel du potentiel ligneux.

Matériel et Méthodes

Présentation du site d'étude

L'étude a été menée dans la formation boisée du CNRA de Bambey situé au centre nord du bassin arachidier entre 14°82 de latitude Nord et 16°28 de longitude ouest. Cette formation boisée appelée « Bois de Boulogne » est localisée dans la partie Sud-Est du dudit Centre avec une diversité ligneuse

assez importante, des points d'eaux temporaires, des pare-feux et des pistes de circulation. Elle est répartie en six blocs et couvre environ une superficie de cent quarante-neuf (149) hectares (Figure 1.)

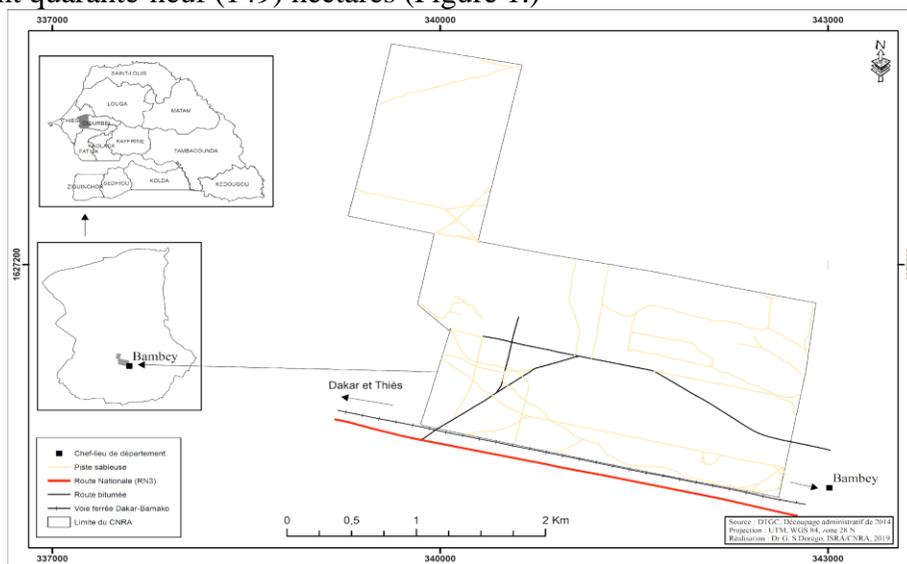


Figure 1. Carte de localisation du CNRA de Bamby (Laboratoire d'Agro-bioclimatologie du CNRA, 2019)

Le climat de notre zone d'étude est de type sahélo-soudanien caractérisé par l'alternance entre deux saisons. Une saison sèche qui dure environ 9 mois (octobre à juin) et une saison pluvieuse qui s'installe d'habitude de juillet à mi-octobre. La pluviométrie (Figure 2) varie entre un minimum de 316 mm de pluies et un maximum de presque 805 mm avec une moyenne de 509 mm de 1989 à 2018 (CNRA, 2019).

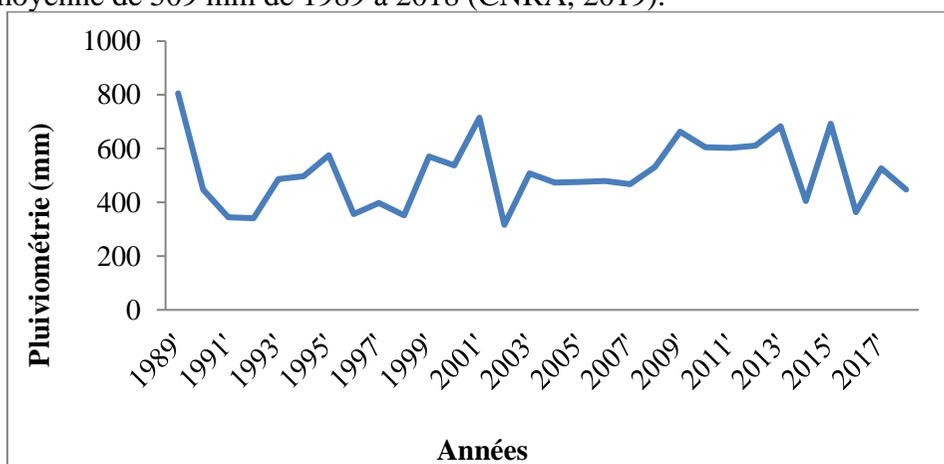


Figure 2. Evolution de la pluviométrie au cours des trente dernières années (Laboratoire d'Agro-bioclimatologie du CNRA de Bamby, 2019)

Matériel

Le matériel utilisé dans le cadre de cette étude est constitué des fiches d'inventaire pour la collecte des données ; des fiches des coordonnées géographiques des placettes ; d'un GPS (Global Positioning System) type garmin pour naviguer et repérer les coordonnées des placettes ; des jalons pour la délimitation des placettes ; un compas forestier pour mesurer le diamètre des arbres ; Un ruban-mètre pour la délimitation, la mesure des circonférences (cas des arbres qui ne peuvent pas être mesurés par le compas forestier) et la mesure des diamètres des houppiers ; un Blum-leiss pour mesurer les hauteurs des arbres.

Méthodes

Cartographie du peuplement ligneux

A l'aide du logiciel Arc Gis, la carte d'occupation des sols dans la formation boisée a été élaborée, en faisant ressortir la superficie, les zones boisées, les zones dénudées, les points d'eaux temporaires, les pare-feu, les pistes de circulation et la limite du bois. Il est à noter qu'avant de démarrer les activités de terrain, une prospection a été effectuée à l'avance.

Inventaire des ligneux

L'inventaire des ligneux s'est déroulé durant la période de Septembre-Octobre 2018, période à laquelle la végétation ligneuse a atteint sa pleine croissance au sahel. Le but recherché est de ressortir les caractéristiques des peuplements ligneux . En outre, il s'agit aussi d'une part de calculer la densité, la surface terrière, le couvert aérien, le volume, l'indice de stabilité et les indices de diversité de Shannon-Wiener (H') et d'équitabilité de Piélou (J'). En plus de cela, des observations ont été faites sur l'émondage, les morts sur pied, les souches vivantes et la phénologie pour évaluer le niveau d'anthropisation du peuplement

Plan d'échantillonnage

Il s'agit d'un plan d'échantillonnage systématique dont les placettes sont disposées à intervalles réguliers de 50 mètres de part et d'autre. Le choix de cet échantillonnage s'explique par le fait qu'il nous permet de parcourir le peuplement transect par transect en ayant le maximum d'informations. Au total 103 placettes carrées de 2 500 m² (50 m x 50 m) ont été installées pour les inventaires. Ce qui donne un taux sondage de 17, 28 % (Figure 3).

Dans chaque placette un inventaire exhaustif a été fait, suivi des mensurations suivantes : diamètre des troncs à hauteur de poitrine (DHP=1,30 m) au seuil d'inventaire de 5 cm, les hauteurs des arbres, les diamètres des houppiers suivant deux directions est-ouest et nord-sud. En plus de cela, des observations ont été faites sur la phénologie (la feuillaison, la floraison et la

fructification) mais aussi sur l'émondage, le vieillissement, les morts sur pied et les souches vivantes.

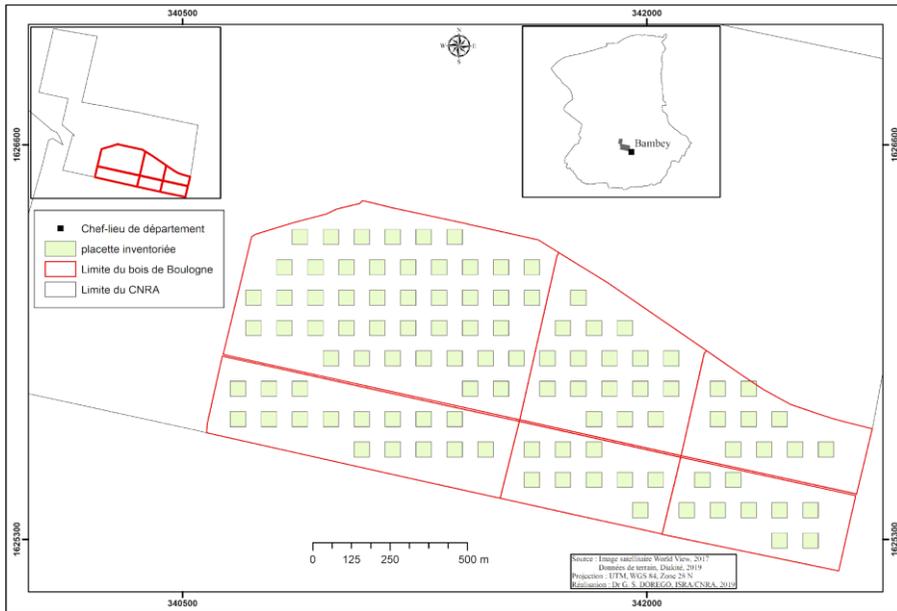


Figure 3. Carte de localisation des placettes inventoriées (Laboratoire d'Agro-bioclimatologie du CNRA, 2019)

Etude de la dynamique d'évolution de la richesse spécifique de la formation boisée du CNRA

Celle-ci consiste à faire une comparaison entre les résultats d'une étude antérieure menée dans cette formation en 2000 à nos résultats pour voir l'évolution de la richesse spécifique entre 2000 et 2018.

Traitement des données

Les données collectées ont été saisies puis traitées avec le tableur Excel et le logiciel Word. Le calcul et l'interprétation des paramètres dendrométriques ont été décrits dans le (Tableau 1).

Tableau 1. Description des paramètres dendrométriques calculés

Paramètre (unité)	Formule	Interprétation
la densité	$D = \frac{n}{s}$ (Bagnian et al., 2021)	La densité est le nombre d'individus (n) par unité de surface (s), n'étant le nombre total d'individus et s surface totale par hectare
la surface terrière (m ² /ha)	$G = \frac{\pi d^2}{4}$ (Roberts-Pichette et Gillespie, 2002) et	On appelle surface terrière d'un arbre, la surface de section transversale de cet arbre à la hauteur de 1,30m du sol. Lorsqu'il s'agit d'une mesure de diamètre soit à 1,50 m du sol pour la circonférence.

		Avec G : surface terrière et d : diamètre à 1,30 m
le volume (m³)	$V = \frac{\pi}{4}d^2h$ (Freytet et al., 2020)	C'est un critère très important pour caractériser un peuplement. Avec V : volume de l'arbre ; d : diamètre à 1,30 m et h : hauteur de l'arbre
le couvert aérien (m².ha⁻¹)	$Ca = \sum \frac{\pi \left(\frac{Dmh}{2}\right)^2}{S}$ (Rondeux, 1993)	Il constitue la surface de la proportion projetée au sol de la couronne du couvert végétal. Avec Ca : couvert aérien ; Dmh : diamètre moyen houppier et S : surface de l'échantillon

- **la richesse floristique spécifique**

La richesse floristique spécifique d'un milieu est le nombre d'espèces que compte le milieu (Some, 2011 ; Badji *et al.*, 2015).

- **la régénération**

Sont considérés comme régénération tous les individus dont les diamètres à hauteur de poitrine sont inférieurs à 5 cm. L'effectif total du peuplement regroupe aussi bien les jeunes plants que les plants adultes. Le taux de régénération d'une espèce est le rapport en pourcentage entre l'effectif des jeunes plants d'une espèce et l'effectif total des jeunes plants (Badji *et al.*, 2015).

- **la répartition des individus par espèces**

Il s'agit de faire une répartition des individus adultes par espèce afin d'identifier les espèces les mieux représentées et celles qui sont faiblement représentées dans le peuplement.

- **Calculs d'indices**

- **Indice de stabilité**

C'est le rapport entre la hauteur moyenne et le diamètre moyen, il permet de voir si le peuplement est stable ou pas, il doit être inférieur ou égal à 80 (Fall, 2017). Il est noté :

$$Is = \frac{h}{d}$$

Avec h= la hauteur moyenne et d= le diamètre moyen

- **Indice de diversité de Shannon Wiener**

L'indice de Shannon encore appelé indice de Shannon-Weaver (H') permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chaque espèce (Grall et Coic, 2005). Ses valeurs sont maximales lorsque toutes les espèces sont d'égale abondance. Il s'approche de 0 lorsqu'une seule espèce domine (Lobry *et al.*, 2003). Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N}$$

Avec H' = Indice de diversité de Shannon ; N_i = l'effectif de l'espèce i ; N = effectif total des espèces ; \log_2 = logarithme base 2 et S étant le nombre d'espèces de l'unité considérée.

- **Indice d'équitabilité de Pielou**

Il correspond au rapport de l'indice de Shannon (H') sur la valeur de l'équitabilité maximale (H'_{max}) (Frontier et Pichod-Viale, 1991). Il varie de 0 à 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs des individus est concentrée sur une espèce, et vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Pielou, 1969). Il permet de savoir si les individus sont équitablement répartis au sein du peuplement. Il correspond à la diversité mesurée quand toutes les espèces sont présentes :

$$E = \frac{H'}{H_{max}}$$

Avec E = Indice de régularité ; H' = indice de Shannon ; $H_{max} = \log_2 S$, S étant la richesse spécifique totale.

● **les observations**

Les données issues des observations faites concernent sur l'émondage, le vieillissement, les souches vivantes, et les morts sur pied et sur la phénologie, qui consiste à mettre l'accent sur la feuillaison, la floraison, et la fructification ont été saisies et traitées via le tableur microsoft office excel afin d'en ressortir les résultats.

Résultats

Richesse floristique

La végétation ligneuse est riche de 13 familles, 20 genres représentés par 28 espèces (Tableau 2 et 6). Les familles les plus représentées en termes d'espèces sont la famille des Mimosaceae et la famille des Combretaceae avec chacune 28,57% et 17,86% des espèces respectivement. Les autres familles restantes sont constituées chacune d'une seule espèce à l'exception de la famille des Myrtaceae, des Capparaceae, des Rubiaceae et des Cesalpiniaceae qui regroupent deux (2) espèces chacune. Dans le peuplement, *Acacia seyal* est l'espèce la plus représentée (46,54%) suivie de *Balanites aegyptiaca* (31,24%).

Tableau 2. Familles, genres, espèces et fréquences

Familles	Genres	Espèces	Fréquences (%)
Anacardiaceae	<i>Sclerocarya</i>	<i>Sclerocarya birrea</i>	0,24
Balanitaceae	<i>Balanites</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i>	31,24
Bombacaceae	<i>Adansonia</i>	<i>Adansonia digitata</i>	0,12
Burseraceae	<i>Commiphora</i>	<i>Commiphora africana</i>	1,30
Capparaceae	<i>Maerua</i>	<i>Maerua angolensis</i>	0,08
Cesalpiniaceae	<i>Bauhinia</i>	<i>Bauhinia rufescens</i>	2,45
	<i>Tamarindus</i>	<i>Tamarindus indica</i>	0,36
Combretaceae	<i>Anogeissus</i>	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	0,51
	<i>Combretum</i>	<i>Combretum micranthum</i>	0,04
		<i>Combretum glutinosum</i>	0,32
	<i>Guiera</i>	<i>Guiera senegalensis</i>	0,43
Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>Diospyros mespiliformis</i>	0,63
Meliaceae	<i>Azadirachta</i>	<i>Azadirachta indica</i>	4,51
Mimosaceae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia laeta</i>	0,04
		<i>Acacia nilotica</i>	1,11
		<i>Acacia senegal</i>	7,08
		<i>Acacia seyal</i>	46,54
		<i>Acacia sieberiana</i>	0,08
		<i>Acacia ataxacantha</i>	0,12
	<i>Faidherbia</i>	<i>Faidherbia albida</i>	0,59
	<i>Dichrostachys</i>	<i>Dichrostachys glomerata</i>	0,24
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,12
		<i>Eucalyptus microtheca</i>	0,24
Rhamnaceae	<i>Ziziphus</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>	1,19
Rubiaceae	<i>Feretia</i>	<i>Feretia apodanthera</i>	0,28
	<i>Mitragyna</i>	<i>Mitragyna inermis</i>	0,16

Paramètres structuraux

Densité, surface terrière et volume

Le nombre d'individus est estimé à 2529, soit une densité de 98 individus/ha. Cependant, la surface terrière est de 2,12 m²/ha. Le volume de bois du peuplement est estimé à 13,83 m³/ha (tableau 3).

Tableau 3. Densité, surface terrière et volume

Densité (individus/ha)	Surface terrière (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)
98	2,12	13,83

Structure de la végétation ligneuse

Répartition des individus selon les classes de hauteur et de diamètre

Nos résultats montrent que, 73,22% des tiges appartiennent aux classes de hauteur]0-2] ;]2-4] et]4-6] contre 26,78% des tiges qui appartiennent aux classes de hauteur]6-8] ;]8-10] ;]10-12] ;]12-14] ;]14-16] et]16-18] (Figure 4). Ce qui justifie que le peuplement est en majorité constitué d'arbustes. Et les arbres ne représentent que le ¼ des tiges.

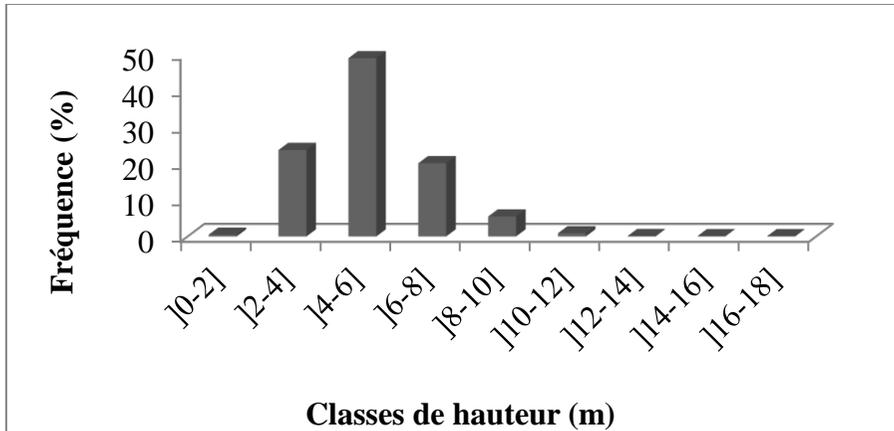


Figure 4. Distribution des individus par classe de hauteur

Les résultats montrent la dominance de jeunes tiges. En effet, 83,39% des tiges ont des diamètres inférieur ou égal à 20 cm tandis que 16,62% des tiges ont un diamètre supérieur ou égal à 20 cm (Figure 5).

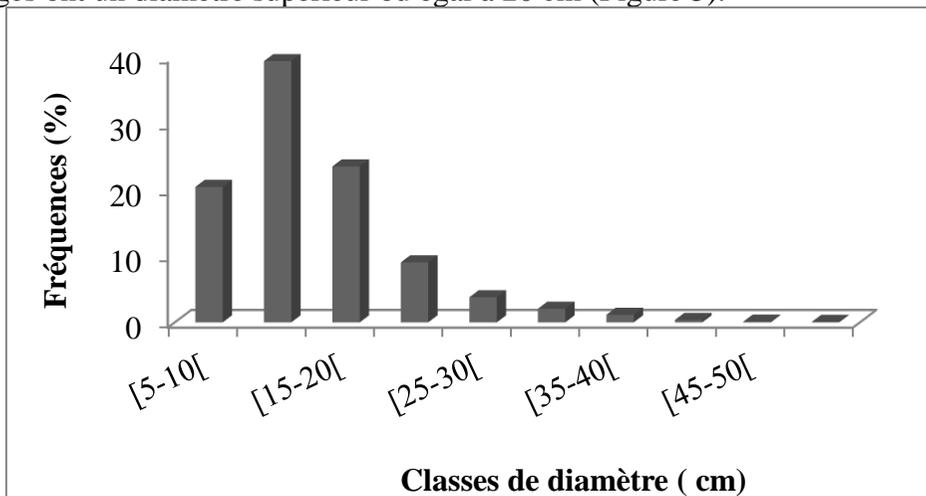


Figure 5. Distribution des individus par classe de diamètre

Répartition des espèces d'individus adultes

Les résultats montrent que *Acacia seyal* est l'espèce la plus représentée dans le peuplement avec 46,54% des individus suivi de *Balanites aegyptiaca* (31,24%), de *Acacia senegal* (7,08%), de *Azadirachta indica* (4,51%), de *Bauhinia rufescens* (2,45%), de *Commiphora africana* (1,3%), de *Ziziphus mauritiana* (1,19%) et de *Acacia nilotica* (1,11%) (Figure 6).

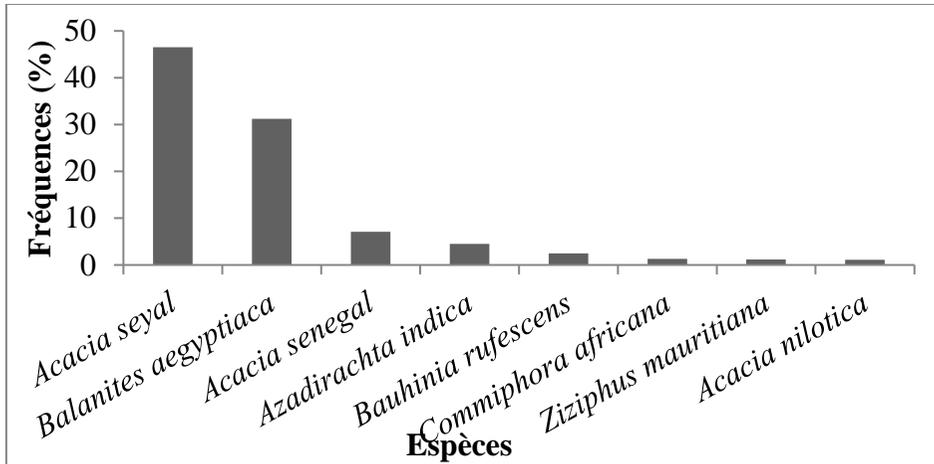


Figure 6. Distribution des individus des principales espèces

Etat de la régénération des espèces ligneuses recensées

Dans le peuplement, la régénération est estimée à 14 975 plantules, avec un taux de régénération de 85,6% et une densité de régénération égale à 581 plantules/ha (Tableau 4). L'espèce *Combretum aculeatum* a le taux de régénération le plus important (53,6%), suivi de *Guiera senegalensis* (18,32%), de *Acacia seyal* (8,49%), de *Balanites aegyptiaca* (5,94%), de *Feretia apodanthera* (4,53%), de *Azadirachta indica* (4,11%), de *Combretum micranthum* (2,78%), de *Anogeissus leiocarpus* (1,23%).

Tableau 4. Taux de régénération du peuplement et des principales espèces

Espèces	Taux de régénération (%)	Taux de régénération du peuplement (%)
<i>Combretum aculeatum</i>	53,6%	
<i>Guiera senegalensis</i>	18,32%	
<i>Acacia seyal</i>	8,49%	
<i>Balanites aegyptiaca</i>	5,94%	
<i>Feretia apodanthera</i>	4,53%	85,6%
<i>Azadirachta indica</i>	4,11%	
<i>Combretum micranthum</i>	2,78%	
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	1,23%	

Observation sur l'état sanitaire et la phénologie du peuplement

Les observations montrent que 54,21% des individus du peuplement n'ont pas été émondés; 40,45% sont émondés; 3,52% sont vieillissants; 1,42% sont des morts sur pied. Quant aux souches vivantes, elles représentent moins de 1% des individus dénombrés (Figure 7).

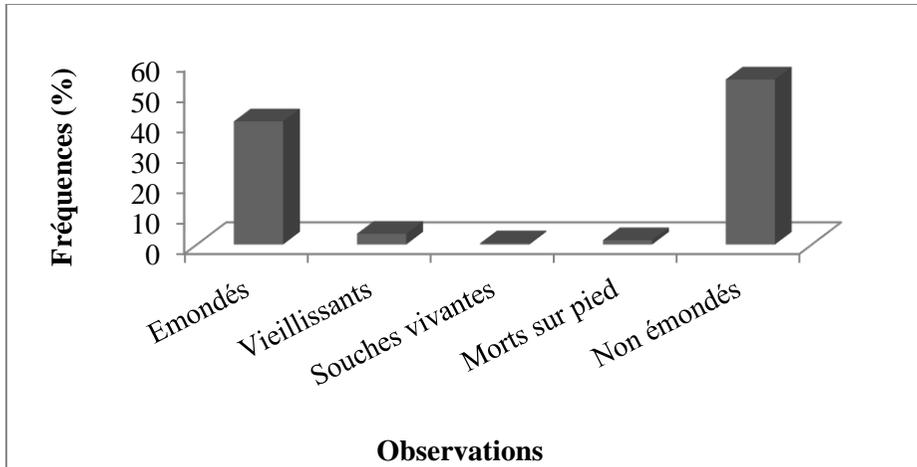


Figure 7. Etat des observations faites sur les individus dans le peuplement

Les observations montrent que plus de la moitié des individus du peuplement (56,7%) ne portent que des feuilles; 36,73% portent des feuilles et des fruits; 1,5% portent des feuilles et des fleurs; 3,08% portent à la fois des feuilles, des fleurs et des fruits et enfin seulement 1,98% des individus ne présentent aucune de ces caractéristiques (Figure 8).

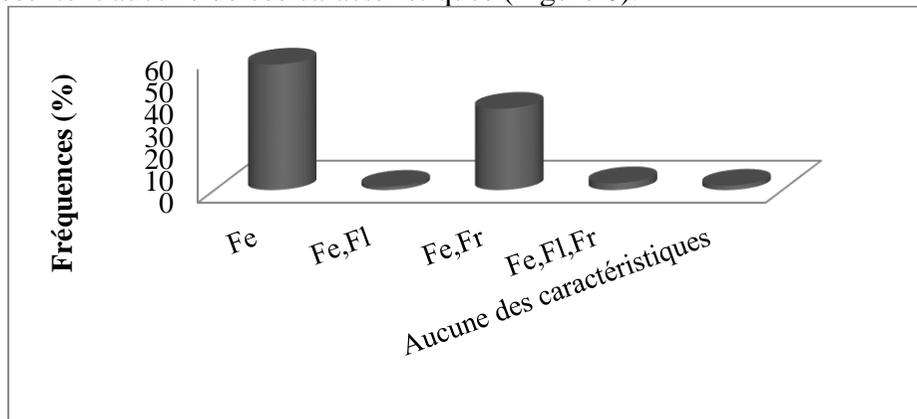


Figure 8. Etat phénologique des arbres, Fe= feuille ; Fl= fleur et Fr= fruit

Répartition de la surface terrière des principales espèces

L'étude a révélé que *Acacia seyal* a la surface terrière la plus importante avec 0,71 m²/ha soit 33,49%, suivi de *Balanites aegyptiaca* (0,686 m²/ha soit 32,36%), de *Adansonia digitata* (0,203 m²/ha soit 9,58%), de *Azadirachta indica* (0,194 m²/ha soit 9,15%), de *Acacia senegal* (0,114 m²/ha soit 5,37%), de *Acacia nilotica* (0,035 m²/ha soit 1,64%), de *Faidherbia albida* (0,028 m²/ha soit 1,34%) et de *Sclerocarya birrea* (0,024 m²/ha soit 1,15%) (Figure 9).

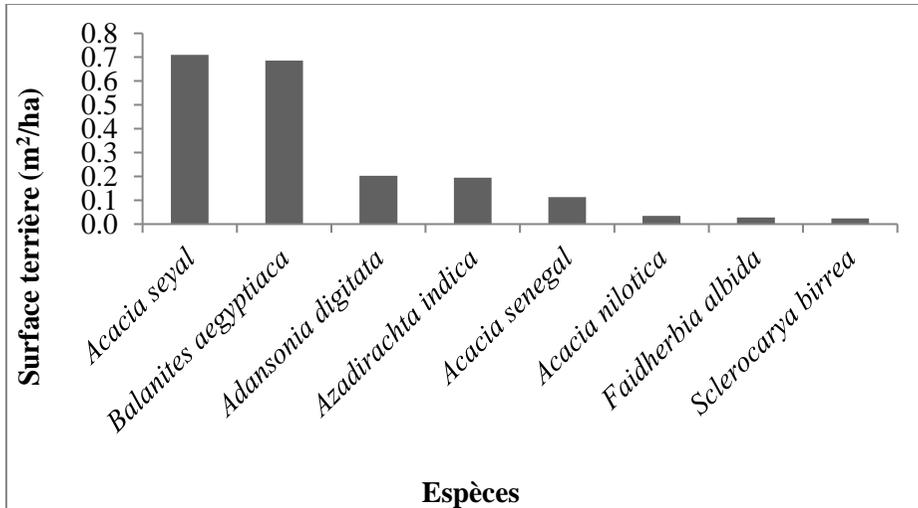


Figure 9. Distribution de la surface terrière des principales espèces

Répartition du volume des principales espèces du peuplement

Les résultats montrent que *Balanites aegyptiaca* représente 31,65% du volume soit (4,337 m³/ha), suivi de *Acacia seyal* (31,53%, soit 4,361 m³/ha), de *Azadirachta indica* (1,524 m³/ha, soit 11,02%), de *Adansonia digitata* (8,79%, soit 1,216 m³/ha), de *Acacia senegal* (4,85%, soit 0,671 m³/ha), de *Faidherbia albida* (1,92%, soit 0,266 m³/ha), de *Acacia nilotica* (1,83%, soit 0,253 m³/ha), de *Sclerocarya birrea* (1,77%, soit 0,244 m³/ha) et de *Anogeissus leiocarpus* (1,18%, soit 0,163 m³/ha) (Figure 10).

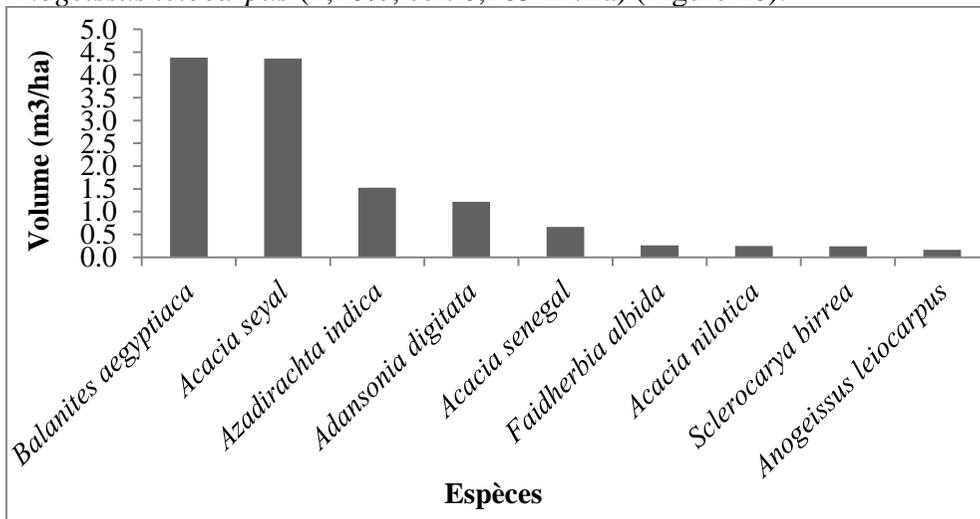


Figure 10. Distribution du volume des principales espèces

Répartition du couvert aérien des principales espèces du peuplement

Les résultats montrent que *Acacia seyal* représente la moitié du couvert aérien avec 49,58%, soit (1598 m²/ha), suivi de *Balanites aegyptiaca* (26,86%, soit 930,10 m²/ha), de *Acacia senegal* (6,71%, soit 216,11 m²/ha), de *Azadirachta indica* (4,90%, soit 158,03m²/ha), de *Acacia nilotica* (2,07%, soit 66,7 m²/ha), de *Bauhinia rufescens* (1,64%, soit 52,83 m²/ha) et de *Ziziphus mauritiana* (1,31%, soit 42,28 m²/ha (Figure 11).

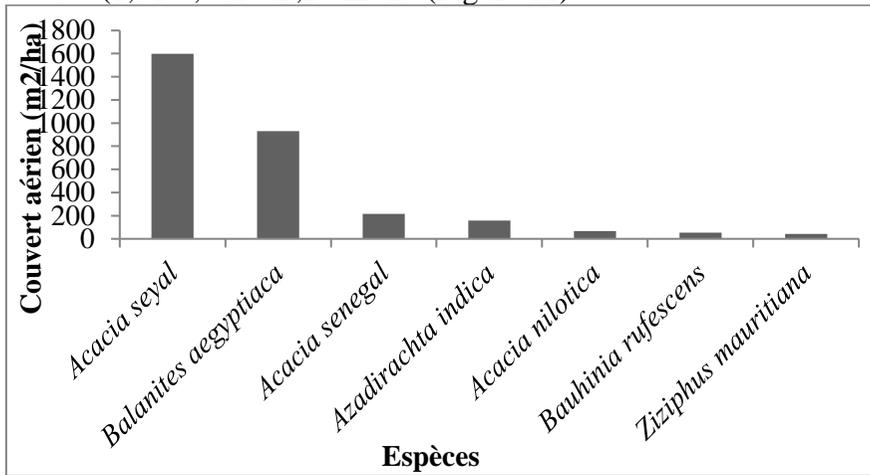


Figure 11. Distribution du couvert aérien des principales espèces

Les Indices

L'indice de stabilité du peuplement est de 38,76, ce qui témoigne d'un peuplement stable. L'indice de diversité de Shannon-Wiener s'élève à 2,5 bits. Ce qui montre une diversité assez importante. L'indice d'équitabilité de Pielou quant à lui est de 0,52, signe d'une diversité assez importante (Tableau 5).

Tableau 5. Indices de diversité du peuplement

Indices	Indice de stabilité	Indice de Shannon-Wiener (bits)	Indice d'équitabilité de Pielou
	38,76	2,5	0,52

Evolution de la richesse floristique de la végétation ligneuse de la formation boisée du CNRA

L'exploitation des données des inventaires a permis de montrer l'évolution de la richesse floristique de la végétation ligneuse dans le peuplement. Ainsi avec une flore riche de 14 familles représentées par 27 espèces en 2000, on est passé à 13 familles représentées par 28 espèces en 2018 (Tableau 6).

Cette évolution est caractérisée par l'apparition de quatre espèces (*Acacia sieberiana*, *Acacia laeta*, *Cadaba farinosa* et *Combretum glutinosum*) et l'absence de trois autres (*Maerua crassifolia*, *Celtis integrifolia* et

Piliostigma reticulatum). Une disparition de la famille *Ulmaceae* composée d'une seule espèce *Celtis integrifolia* a été notée en 2018. Cependant, une diminution considérable des individus adultes qui passent de 10504 en 2000 à 2529 en 2018 a été observée.

Tableau 6. Liste des familles genres et espèces entre 2000 et 2018 (+ = présence)

Familles	Espèces	Années	
		2000	2018
Anacardiaceae	<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich) Hochst.	+	+
Balanitaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.m	+	+
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i> L.	+	+
Burseraceae	<i>Commiphora africana</i> (A.Rich.) Engl.	+	+
Capparaceae	<i>Cadaba farinosa</i> Forssk.		+
	<i>Maerua angolensis</i> DC.	+	+
	<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	+	
Fabaceae	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	+	+
	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	+	
	<i>Tamarindus indica</i> L.	+	+
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC) Guill. Et Perr.	+	+
	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	+	+
	<i>Combretum micranthum</i> G. Don	+	+
	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.		+
	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	+	+
Ebenaceae	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. Ex A.Rich.	+	+
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	+	+
Mimosaceae	<i>Acacia laeta</i> R. Br. ex Benth.		+
	<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. Ex Del.	+	+
	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	+	+
	<i>Acacia seyal</i> Del.	+	+
	<i>Acacia sieberiana</i> DC.		+
	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	+	+
	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	+	+
	<i>Dichrostachys glomerata</i> (Forssk.) Chiov.	+	+
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	+	+
	<i>Eucalyptus microtheca</i> F. Muell.	+	+
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	+	+
Rubiaceae	<i>Feretia apodanthera</i> Del.	+	+
	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) Kuntze	+	+
Ulmaceae	<i>Celtis integrifolia</i> Lam.	+	
Total		27	28

Discussion

La richesse floristique de la zone inventoriée est de 28 espèces, représentées par 20 genres et appartenant à 13 familles. Une nette dominance de la famille des *Mimosaceae* et la famille des *Combretaceae* avec respectivement 8 et 5 espèces. Cela pourrait s'expliquer par le fait que ces espèces s'adaptent mieux aux conditions écologiques du milieu avec leur

caractère caduc. Les résultats sur la dominance des *Mimosaceae* corroborent les travaux de Sonko (2019), réalisés sur le transect Niakhar-Bambey dans 213 relevés de végétation de 1 ha qui montrent la présence de 54 espèces, réparties en 42 genres appartenant à 23 familles dominées par les *Mimosaceae* et les *Caesalpiniaceae*. Par ailleurs les travaux réalisés par Mahamat-Saleh *et al.*, (2013) à Sessène (région de Thiès, Sénégal), montrent la prédominance de la famille des *Mimosaceae* et des *Combretaceae*. Ces familles sont classées parmi les plus importantes de la flore vasculaire du Sénégal (Ba et Noba, 2001). Selon Savadogo *et al.*, (2016), l'importance de ces familles réside dans le fait qu'elles renferment des espèces qui résistent au manque et à l'insuffisance des pluies mais aussi à la forte température. Quant à la surface terrière, elle est dominée par *Acacia seyal* avec 33,49%, suivi de *Balanites aegyptiaca* (32,36%) et le volume par *Balanites aegyptiaca* (31,65%), suivi de *Acacia seyal* (31,53%), ceux-ci s'expliquent par l'importance de leurs nombres d'individus du fait qu'elles soient les principales espèces du site vue leurs caractères endémiques d'espèces sahélo-soudaniennes (Spichiger, 2010).

L'analyse de la distribution des individus selon les classes de diamètre présente, une allure en « cloche » de type log normal qui montre pour notre cas la prédominance d'individus de petit diamètre dans le peuplement, 83,39% des tiges ont des diamètres inférieurs à 20 cm contre 16,61% des tiges qui présentent des diamètres supérieurs ou égal à 20 cm, Ce qui suggère l'importance d'individus de petits diamètres d'où une bonne régénération. Nos résultats ne corroborent pas ceux de Soumana *et al.*, (2010) qui ont trouvé, dans la réserve totale de faune de Tamouau Niger, une structure de *Vitellaria paradoxa*, de *Parkia biglobosa* et *Adansonia digitata* dominée par les individus de diamètre > 50 cm et de Sonko, (2019) qui ont montré sur le transect Niakhar-Bambey des effectifs élevés dans les plus grandes classes de diamètre. La distribution des tiges selon la hauteur montre que le peuplement est dominé par la strate arbustive car 76,22% des tiges ont des hauteurs inférieure ou égale à 6 m. Ces résultats sont en phase avec ceux de Gaye (2019) qui révèlent la dominance de la strate arborée (individus de hauteur supérieure à 12 m) à Khombole (Thiès, Sénégal). Quant à la distribution des tiges adultes par espèces, une nette dominance des espèces suivantes est notée : *Acacia seyal* (46,54%), suivi de *Balanites aegyptiaca* (31,24%), de *Acacia senegal* (7,08%), de *Azadirachta indica* (4,5%), de *Bauhinia rufescens* (2,45%), de *Commiphora africana* (1,3%), de *Ziziphus mauritiana* (1,19%) et de *Acacia nilotica* (1,11%). Cela peut s'expliquer par le fait que ces espèces s'adaptent mieux aux conditions écologiques et édaphiques du milieu, étant pour la plupart des espèces caducifoliées qui leurs confères une résistance aux conditions extrêmes (Giffard, 1974).

Les observations faites sur les individus montrent que 40,45% sont émondés, 3,52% sont vieillissants, moins de 1% sont des souches vivantes, 1,42% sont des morts sur pied et que seul 54,21% ne sont pas émondés. Ces situations (émondage et les souches vivantes) s'expliquent par le fait que le peuplement est très fréquenté par les éleveurs à la recherche du pâturage pour le bétail surtout en saison sèche et par les populations riveraines à la recherche du bois de chauffe, de service, des feuilles et des fruits à usage alimentaire et thérapeutique. Quant à la phénologie, il est constaté que seul 1,98% des individus ne présentent aucune des caractéristiques énumérées ceci s'explique par le fait que ces individus sont représentés par les morts sur pied et les individus de *Faidherbia albida* qui ont une phénologie inversée (Roupsar, 1997).

Concernant le couvert aérien du peuplement du Bois de Boulogne, la remarque est que *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca* représentent à elles seules 74,44%, soit 2528,1 m²/ha du couvert aérien et les 25,56% restent partager entre les autres espèces. Cette situation est liée à l'importance de leurs nombres d'individus.

Concernant l'indice de stabilité du peuplement, il est évalué à 38,76, strictement inférieur à 80, ce qui suggère un peuplement stable. Il n'y a pas raison de faire des interventions sylvicoles (éclaircies) pour l'accroissement en diamètre et en hauteur. Quant aux indices de diversité de Shannon-Wiener et d'équitabilité de Pielou qui correspondent respectivement à 2,5 bits et à 0,52, ils montrent que les espèces tendent vers une égale abondance.

La dynamique, en dix-huit ans la richesse floristique de la formation boisée du CNRA a évolué de telle sorte qu'en 2000 elle était de 27 espèces, représentées par 19 genres et appartenant à 14 familles, en 2018 elle est passée à 28 espèces, représentées par 20 genres et appartenant à 13 familles. Cette situation s'explique par l'apparition de quatre nouvelles espèces (*Acacia sieberiana*, *Accaia laeta*, *Cadaba farinosa* et *Combretum glutinosum*) et l'absence de trois autres (*Maerua crassifolia*, *Celtis integrifolia* et *Piliostigma reticulatum*) avec une famille (Ulmaceae) pour *Celtis integrifolia*. L'apparition de ces nouvelles espèces pourrait s'expliquer par le fait que ces espèces existaient dans le peuplement mais ne figuraient pas dans les données d'inventaires antérieurs réalisés par Seck (2000) ou qu'elles étaient absentes et ont fait leurs apparitions suite à des conditions climatiques favorables. Quant aux espèces absentes, on peut aussi suggérer soit dans un premier temps qu'elles existent mais n'ont pas figurés dans nos relevés, soit dans un deuxième temps qu'elles ont disparu. En effet, il a été noté une régression importante du nombre d'individus adultes qui est passé de 10 504 en 2000 à 2529 en 2018. Il est à noter qu'à l'époque les placettes utilisées étaient des carrées de 30 x 30 m distantes de 50 m de part et d'autres. Ces résultats sont en phase avec ceux de Seck (2000) qui a montré que dans le peuplement il

y'avait des espèces comme le *Detarium microcarpum*, *Pterocarpus erinaceus* et le *Sterculia setigera* qui ont disparu, ce qui peut être due soit aux conditions extrêmes (sécheresse, maladies, feux...), soit à l'anthropisation, et ce dernier point corroborent ceux de Mahamat-Saleh *et al.* (2013) dans la zone Cayor-Baol (région de Thiès) qui ont montré que dans leurs relevés d'inventaires des observations ont été faites sur l'exploitation des ligneux qui induit une réelle anthropisation des sites.

Dans le peuplement, l'état de la régénération a connu une hausse passant de 523 en 2000 à 14975 plantules en 2018 et montre une nette dominance des *Combretaceae* (*Combretum aculeatum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum micranthum*) avec un taux de régénération de 74,7%. Ce résultat confirme celui de Charahabil *et al.* (2008) qui a montré que les espèces appartenant à la famille des *Combretaceae* présentent une dynamique progressive tendant à coloniser les espaces où les ligneux ont été victimes de la sécheresse et de la pression anthropique. En effet, cette famille présente une bonne croissance démographique marquée par l'abondance de jeunes plants assurant le renouvellement du peuplement.

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer la composition floristique de la formation boisée du CNRA qui est riche de 28 espèces, réparties en 20 genres et appartenant à 13 familles. Elle a montré que dans ce peuplement dominé par la strate arbustive, *Acacia seyal* est l'espèce la plus représentée chez les adultes alors que la régénération est majoritairement dominée par *Combretum aculeatum*. Une régression notoire de la dynamique du peuplement par la diminution du couvert végétal et la disparition de certaines espèces (*Detarium microcarpum*, *Pterocarpus erinaceus* et *Sterculia setigera*) a été constatée. Elle a également montré que les pratiques anthropiques (coupe de bois, paturage...) sont très fréquentes dans la mesure où 40,45% des individus sont émondés.

Ces résultats montrent qu'un plan de gestion urgent de la formation boisée doit être mise en place pour préserver durablement ce rare poumon vert dans le centre du bassin arachidier. Cette gestion doit être inclusive et participative en incluant toutes les parties prenantes.

Conflit d'intérêt : Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Ba A.T., Noba K. (2001). Flore et biodiversité végétale au Sénégal. *Sécheresse*, 12 (3) : 149-155. GéoProdig, portail d'information géographique, consulté le 30 novembre 2020, <http://geoprodig.cnrs.fr/items/show/190026>.
2. Badji M., Sanogo D., Coly L., Diatta Y., Akpo L.E. (2015). La Régénération Naturelle Assistée (RNA) comme un moyen de reverdir le bassin arachidier au Sénégal : cas du terroir de Khatre Sy. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(1): 234-245, February 2015 ISSN 1997-342X, <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
3. Bagnian, I., Sanda, S.N., Adam, T. (2021). Diversité floristique et vulnérabilité de la végétation ligneuses dans le département de Illéla, région de Tahoua, Niger." *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 15(09), pp 15-27. DOI: 10.9790/2402-1509031527
4. CEDEAO. (2009). Rapport d'étude Relative au dialogue sur les forêts en Afrique de l'ouest, février 2009, 88 pages. https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/rapport_etude_dialogue_forets_ao.pdf
5. Charahabil M.M., Lo M., Bassene E., Akpo L. E. (2008). Caractéristiques de la flore et de la végétation ligneuse des forêts communautaires de la zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Journal des sciences et technologies* 2008 Vol. 6 n° 2 pp. 72-85
6. Cordonnier T. et Rigling A. (2023). Vers des peuplements forestiers plus résilients : recherche contextualisée et expérimentation. *Revue forestière française*, 74 (2), 255–261. <https://doi.org/10.20870/revforfr.2023.7605>
7. CSE (2005). Les ressources forestières in Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Ministère de l'environnement et de la protection de la nature, Rapport 129:145p.
8. DEFCCS (2022). Diagnostic sommaire du secteur forestier, livrable n°3. 40p.
9. Fall, B. (2017). Cours caractéristique et dynamique des peuplements forestiers, UAD/ISFAR. 151p.
10. FAO (2018). La situation des forêts du monde 2018. Les forêts au service du développement durable. Rome. 158p <https://www.fao.org/3/I9535FR/i9535fr.pdf>
11. FAO (2015). Evaluation des ressources forestières mondiales. 54p <http://www.fao.org/3/a-i4793f.pdf>
12. Freytet F., Bonnardot A., et Alain. (2020). Mesurer les arbres CAUE 77. 9p <http://www.arbres-caue77.org/medias/files/fiche-mesurer-les-arbres-au-24-mars-2020-.pdf>

13. Frontier S. et Pichod-Viale. (1991). Ecosystème : Structure, Fonctionnement, Evolution. Collection d'écologie. Masson, Paris, 392p.
14. Gaye S. (2019). Caractérisation des peuplements ligneux des parcs dans les paysages du centre nord du bassin arachidier du Sénégal : cas de la commune de Khombole. Mémoire de fin d'études. Université Alioune Diop, Bambey, Sénégal 40p
15. Giffard P.L. (1974). L'arbre dans le paysage Sénégalais, Sylviculture en zone tropicale sèche. Centre technique forestier tropical Dakar – 1974, 411p. <https://agritrop.cirad.fr/336905/1/ID336905.pdf>
16. Grall J., Coïc N. (2005). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier, 90p.
17. Kassoum T. (2018). Le couvert forestier en Côte d'Ivoire : une analyse critique de la situation de gestion des forêts (classées, parcs et réserves). *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*, 5, 4387-4397.
18. Lobry J., Gascuel D., et Domain F. (2003). La biodiversité spécifique des ressources démersales du plateau continental guinéen : utilisation d'indices classiques pour un diagnostic sur l'évolution de l'écosystème. *Aquatic Living Resources*, 16 : 59-68.
19. Mahamat-Saleh M., Diallo A., Ndiaye O., Faye N.M., Guisse A. (2013). Caractérisation des peuplements ligneux de la zone Cayor-Baol (Thiès-Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): 2117-2132
20. Mballo I., Sy O., Barry B. (2021). Vulnérabilités et stratégies d'adaptation des paysans face aux changements socio-environnementaux en Haute Casamance (Sud-Sénégal), *Belgeo* [Online] <https://doi.org/10.4000/belgeo.48429>
21. MEDD (2017). Environnement et ressources naturelles : <http://www.eaux-forêts.sn/index.php/documentation/etude.html> consulté le 28/05/19 à 18h38
22. Piélou E. C. (1969). An Introduction to Mathematical Ecology. John Wiley & Sons: New York.
23. Roberts-Pichette P., et Gillespie L. (2002). Protocoles de suivi de la biodiversité végétale terrestre. Collection des publications hors-série du RESE, rapport 9. Centre canadien des eaux intérieures, Ontario, Canada, 138 p.
24. Rondeux J. (1993). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Presses agronomiques, Gembloux, Belgique, 521 p.
25. Rouspard O. (1997). Ecophysiologie et diversité génétique de *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. (syn. *Acacia albida* Del.), un arbre à usages multiples d'Afrique semi-aride : fonctionnement hydrique et efficacité d'utilisation de l'eau d'arbres adultes en parc agroforestier et

- de juvéniles en conditions semi-contrôlées. Tome 1 : Partie synthèse. Nancy : Université de Nancy I, 70 p. Thèse de doctorat : Ecophysiologie forestière : Université de Nancy I. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00426396/fr/>
26. Savadogo O.M., Ouattara K., Pare S., Ouedraogo I., Sawadogo K.S., Barron J et Zombre N.P. (2016). Structure, composition spécifique et diversité des ligneux dans deux zones contrastées en zone sahélienne du Burkina Faso. *Vertigo*, 16(1) <https://doi.org/10.4000/vertigo.17282>
 27. Seck A. (2000). Gestion et planification forestière : évaluation du potentiel floristique et analyse des processus de régénération dans la formation boisée du CNRA de Bambey (Bois de Boulogne). Mémoire de Maîtrise. Université Gaston Berger de saint louis. Sénégal 126p.
 28. Solly B., Dieye ElH.B., Mballo I., Sy O., Sane T., Thior M. (2020). Dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers dans le Sud du Sénégal : cas du département de Vélingara”, *Physio-Géo*, Volume 15 | -1, 41-67. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.10634>
 29. Some Y.S.C. (2011). Evaluation de la restauration de la biodiversité dans les écosystèmes fragiles : cas des mises en défens de New Tree Burkina, 14p
 30. Soumana D., Rabi C., Mahamane A., Dabi N.H. (2010). Etat actuel de dégradation des populations de quatre espèces ligneuses fruitier en zone Sahélo-soudanienne du Niger Reserve total de faune de tameraux. 210p.
 31. Sonko M. (2019). Caractérisation des peuplements ligneux des parcs du centre sud du Bassin arachidier cas de l'arrondissement de Niakhar (région de Fatick, Sénégal). Mémoire de fin d'études. Université Alioune Diop, Bambey, Sénégal. 37p
 32. Spichiger R. (2010). Végétations sèches des ceintures sahéliennes et soudanaises du Sénégal à Djibouti In : Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : Concepts et mise en œuvre [en ligne]. Marseille : IRD Éditions, 2010 (généré le 24 août 2021). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/irdeditions/2159>>. ISBN : 9782709918244. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.2159>