



Répartition spatiale des individus ligneux dans le peuplement naturel à *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich. une espèce à usage multiple au Niger

Ado ALI^{1*}, Soumaila MOUKAILA¹, Maman Maârouhi INOUSSA², Abdoulaye DIOUF³, Ali MAHAMANE² et Mahamane SAADOU²

¹Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, BP 199 Agadez, Niger.

²Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie
Laboratoire Garba Mounkaila, BP 10662 Niamey, Niger.

³Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Faculté des Sciences et techniques, Département de Biologie,
BP 465 Maradi, Niger.

*Auteur correspondant ; E-mail : aaliadok@gmail.com

Received: 11-06-2022

Accepted: 21-10-2022

Published: 31-10-2022

RESUME

L'analyse des structures spatiales est l'un des processus dynamiques qui déterminent l'évolution des écosystèmes surtout celle des espèces végétales. L'objectif de cette étude était de comprendre les distributions spatiales de *D. mespiliformis* en relation avec l'historique de la population de cette espèce. Ainsi des parcelles de 100 × 100 m ont été mis en place sur la berge de cours d'eau et dans les champs dunaires où la population de l'espèce est présente. Ainsi une analyse de distribution basée sur la théorie des processus ponctuels à l'aide du logiciel ADE4 a été réalisée. La densité était plus élevée sur la berge de Goroubi avec 399 pied/ha dont 312 pieds de *D. mespiliformis*. Le taux de régénération était inférieur à 50% dans toute la zone d'étude. Les relations intra-spécifiques étaient caractérisées par des distributions aléatoires ou des distributions grégaires. Les relations interspécifiques et intra-spécifiques ont montré une répulsion entre les semis de *D. mespiliformis* et les adultes des autres espèces et une facilitation entre les jeunes individus des *D. mespiliformis* et leurs géniteurs.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : distributions spatiales, *D. mespiliformis*, cours d'eau, Niger.

Spatial distribution of *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich. population that is very used species in Niger

ABSTRACT

The analysis of spatial structures is one of the dynamic processes that determine the evolution of ecosystems, especially for plant species. The objective of this study is to understand the spatial distributions of *D. mespiliformis* in relation to his population history. Thus plots of 100 × 100m have been set up on the banks of rivers and in the fields where the species is present. Thus a distribution analysis based on the theory of point processes using the ADE4 software was carried out. The density is higher on the bank of Goroubi with 399 Trees/ha whose 312 trees of *D. mespiliformis*. The regeneration rate is less than 50% throughout the study area.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

9157-IJBCS

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i5.26>

The intraspecies relationships were characterized by random distributions or gregarious distributions. But the interspecies and intra-species relationships showed repulsion between *D. mespiliformis* seedlings plants and adults of other species and facilitation between young individuals of *D. mespiliformis* and its spawners.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Spatial distributions, *D. mespiliformis*, Rivers, Niger.

INTRODUCTION

Au cours de ces derniers décennies, le Niger subit les effets des chocs climatiques entraînant une sécheresse persistante et une dégradation des sols qui ont accéléré une avancée du désert, ce qui a causé des déficits majeurs sur sa production agricole (Banque Mondiale, 2013).. En réponse, les ressources naturelles en général et les ligneux en particulier constituent une importante source de revenus et sont par conséquent soumises à des surexploitations entraînant la régression de couvert végétal (Hamidou, 2016 ; Maazou et al., 2017 ; Garba et al., 2017) et surtout une hausse du taux de mortalité voire de disparition de certaines espèces ligneuses (Ali et al., 2016, Oumarou et al., 2021). Des travaux réalisés au Niger par (Douma, 2016; Harouna, 2016; Laouali, 2016 ; Sina et al., 2019 ; Garba et al., 2020) ont montré une instabilité des populations des espèces ligneuses telles que *A. digitata*, *A. senegal*, *P. africa*, *P. biglobosa*, *S. birrea*, *T. indica*, *V. paradoxa*. En plus dans certaines localités l'espèce *D. mespiliformis* est disparue ou menacée de disparition (FAO, 2007, Ali et al., 2020) malgré qu'elle fait partie des 10 espèces ligneuses prioritaires dans l'alimentation humaine au Niger en période de soudure (Ali et al., 2016).

Pour une meilleure conservation et une valorisation de *D. mespiliformis*, une étude sur son mode de répartition devrait être menée. Cela consiste à collecter un maximum d'informations susceptibles d'aider de manière cohérente et fiable à la prise de décision pour le type de gestion à entreprendre. La répartition spatiale est la façon dont les individus sont concrètement répartis sur le terrain. Cette répartition est modélisée par des lois statistiques dont la distribution peut être régulière, en agrégat ou aléatoire (Alain & Denis, 2004). Plusieurs méthodes sont utilisées

pour tester les modes de répartition dont le test de l'indice de répartition, le test de l'indice de Morisita, la méthode du plus proche voisin (Alain & Denis, 2004) mais l'approche de l'analyse de processus ponctuel est la plus robuste et la plus adaptée en écologie (Diouf, 2012; Habou, 2016). Cette étude se propose de contribuer à la connaissance des difficultés liées à la régénération naturelle et la distribution spatiale de *D. mespiliformis*. De façon spécifique il s'agit de: (i) déterminer la structure dendrométrique ; (ii) établir la structure spatiale des individus adultes ; (iii) déterminer les relations spatiales inter et intra-spécifique ;

MATERIEL ET METHODES

Sites

Les sites dont les prospections ont été réalisées sont le Goulbi Kaba, le Dargol, le Goroubi et le Goulbi Maradi (Figure 1). Le climat est de type sahélien avec une pluviométrie comprise entre 400mm et 600mm (Saadou, 1990). Les types de végétations caractéristiques sont la forêt sèche basse sur les plateaux, la forêt-galerie sur les berges des cours d'eau et la savane sur les terrasses sableuses, les dunes et dans les vallées sèches (Mahamane et al., 2009). La flore comprend *Xeroderris stuhlmannii*, *Stereospermum kunthianum*, *Pterocarpus rinaceus*, *Lannea fruticosa*, *Dioscorea dumetorum*, *Ascolepis protea*, *Loeseneriella africana* sur les plateaux latéritiques ; *Daniellia oliveri*, *Diospyros mespiliformis*, *Ficus platyphylla* dans les forêts-galeries et *Parkia biglobosa*, *Strychnos spinosa*, *Tapinanthus dodoneifolius*, *Boswellia dalzielii* sur les terrasses sableuses (Mahamane et al., 2009). Les types des sols sont les sols hydromorphes qui ont des caractères pédogénétiques influencés par la présence d'eau en excès, de manière temporaire ou

permanente, à des profondeurs diverses (FAO, 2007). Ainsi, pour tenir compte des zones de distribution de l'espèce, quatre compartiments phytogéographiques ont été retenus (Mahamane et al., 2009) (Figure 1) à savoir :

- Le compartiment Nord-soudanien occidental (A1). La pluviométrie est supérieure à 600 mm et la végétation est composée de forêt sèche basse sur les plateaux latéritiques, forêt-galerie sur les berges des Dallols, forêt claire sur les terrasses argileuses méridionales et dans les toposéquences de vallées, savanes dans les vallées sèches et sur les dunes fixées surplombant les vallées.

- Le compartiment Nord-Soudanien central (A2)

La pluviométrie est supérieure à 600 mm et la végétation est composée de forêt sèche basse sur les plateaux, forêts-galeries sur les berges des cours d'eau, savanes sur les terrasses sableuses, les dunes et les vallées sèches.

- Le compartiment Sud-Sahélien occidental (B1) : la pluviométrie est comprise entre 400 et 600 mm et la végétation est composée de fourrés à Combretum sur les plateaux latéritiques, steppes sur les terrasses sableuses, dans les vallées sèches et sur les dunes fixées.

- Le compartiment Sud-sahélien central (B2) : la pluviométrie est la même que dans le compartiment précédent. La végétation est également composée de fourrés à Combretum sur les plateaux latéritiques mais avec des savanes sur les terrasses sableuses méridionales et steppes sur les dunes et dans les vallées sèches.

Collecte des données

Délimitation des parcelles d'étude

Un échantillonnage axé sur le type de zone d'étude, et la taille de celle-ci a été effectuée afin de prendre en compte la plus grande diversité de ces milieux. Les relevés de végétation ligneuse ont été effectués suivant la toposéquence et dont les détails figurent dans Gounot (1969). Six parcelles de 1 ha (100 x 100 m) chacune, ont été délimitées. Pour une meilleure collecte des données sur les individus ligneux, chaque parcelle est subdivisée en 100 quadrats de 0,01 ha chacun (10 x 10 m), matérialisés par des piquets de fer (Figure 2).

En effet, pour caractériser et analyser la structure spatiale des peuplements à *D. mespiliformis* et ses relations avec les espèces ligneuses, un transect a été défini. Ce transect a une direction perpendiculaire aux cours d'eau et est corrélé avec la toposéquence, c'est-à-dire depuis la berge jusqu'aux champs dunaires, suivant lequel deux parcelles ont été délimitées, une dans le lit majeur de cours d'eau et une deuxième dans les champs.

Mesures de terrain

L'analyse de la répartition spatiale des espèces ligneuses à travers l'approche par processus ponctuel requiert une cartographie complète de tous les individus présents, toutes espèces confondues, dans la parcelle de relevé. Il s'agit en fait de déterminer les coordonnées de position de chaque individu dans le système. Ainsi pour chaque individu, les coordonnées polaires (r , θ) de sa position dans la parcelle sont mesurées, à l'aide d'un théodolite optique de chantier (Metland, MTXO) et d'un mètre ruban. Pour chaque série de mesures, le théodolite est d'abord placé à l'un des quatre coins du quadrat, pris comme repère-position. Le théodolite est alors tourné vers un point connu (un coin du même quadrat ou d'un quadrat contigu) correspondant ainsi au repère-direction ($\theta = 0$). La distance entre le théodolite et l'individu à cartographier est mesurée à l'aide d'un mètre ruban de 50 m. Cette dernière correspondait à la distance horizontale de l'individu par rapport au repère-position. Quant à l'angle θ (en grades) entre la position de l'individu cartographié et le repère-direction, il est lu sur le théodolite. En outre, le nom du genre et de l'espèce de chaque individu mesuré a été également noté.

Traitement des données

Les coordonnées polaires mesurées sur le terrain ont été converties en coordonnées cartésiennes pour une représentation des individus dans un plan. Ainsi chaque individu est représenté par un point et chaque parcelle représente un système de points (ou processus ponctuel). Pour obtenir la cartographie globale des sites étudiés, il fallait regrouper dans 6 repères orthonormés correspondant chacun à un site, les différentes coordonnées locales établies au sein de chaque quadrat. Cela

nécessitait à la fois d'homogénéiser les orientations, et de connaître la position précise des différents piquets (coins des quadrats). Les données collectées sur le terrain ont été saisies dans un classeur du tableur Excel de Microsoft Office 2010 où le calcul des différents paramètres analytiques a été effectué.

Analyse des données

Le dépouillement et les graphiques des cartographies des individus et les courbes ont été effectués grâce au tableur Excel. Le logiciel Minitab a été également utilisé pour la comparaison des densités et des moyennes entre les différentes parcelles. La différence entre les paramètres de quantité et de qualité des graines a été évaluée par une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Le test de Tukey et de Fisher au seuil de 5% ont été utilisés pour les comparaisons.

Densité, fréquence et taux de régénération

- L'abondance des espèces ou la fréquence spécifique qui est le rapport du nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille au nombre total des individus de ces taxons dans l'échantillonnage.
- La densité (N, en nombre d'arbres/ha) des peuplements en individus adultes a été calculée par le rapport entre le nombre total d'individus mesurés sur la surface totale (en ha) de la zone considérée.

$$N = \frac{n}{S}$$

N est le nombre de pieds répertoriés et S la superficie en hectare (ha).

Cartographie

Les coordonnées de tous les individus obtenus, ont été utilisées pour établir la carte de points du peuplement étudié. Ce travail de cartographie a été fait avec le tableur Microsoft Excel 2010, où chaque élément de la carte a une représentation différente: les espèces sont représentées par des points de motifs différents.

Caractérisation de la structure spatiale des processus ponctuels

L'analyse des structures spatiales a toujours joué un rôle central en écologie végétale, car celles-ci sont à la fois une conséquence et une condition initiale, voire une cause, des processus dynamiques qui

déterminent l'évolution des écosystèmes (Goreaud, 2000). Les processus ponctuels fournissent le cadre mathématique nécessaire à l'étude des structures spatiales. Cette approche a été utilisée pour identifier et quantifier les structures spatiales de *D. mespiliformis* et ses relations spatiales avec les autres espèces. Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé la méthode de Ripley (1977) basée sur la théorie des processus ponctuels. Cette méthode basée sur les distances s'applique en général à des dispositifs de grande taille et nécessite de connaître la position de tous les individus à l'intérieur de la parcelle d'étude. Elle permet de caractériser la structure spatiale, de tester l'hypothèse nulle de distribution aléatoire (processus de Poisson) en le comparant aux distributions réelles de distances entre individus, d'estimer les paramètres de distribution, et d'ajuster les modèles dynamiques (Diouf, 2006).

L'intérêt de la méthode de Ripley réside donc dans le fait qu'elle est la seule parmi les différentes méthodes d'analyse des processus ponctuels à caractériser la structure spatiale simultanément pour plusieurs distances (Goreaud, 2000). Par exemple, les méthodes basées sur la distance au plus proche voisin ne caractérisent que les structures à petite distance (Couteron, 1998 ; Goreaud, 2000). Dans cette étude, pour la caractérisation de la structure spatiale nous avons utilisé le Logiciel ADS in ADE4 package (<http://pbil.univlyon1.fr/ADE-4/ADE-4.html>) ; Thioulouse et al., 1997), 1000 simulations sont réalisées pour un risque de 1% avec une précision de 10%.

➤ fonction K de Ripley et les fonctions associées

La méthode la plus importante et la plus utilisée de l'analyse de processus ponctuel fut proposée par Ripley (1977) à travers la fonction K(r). Mais pour un semis de point réel, la fonction K(r) doit être estimée : l'espérance du nombre de voisins à distance r d'un point quelconque est approché par sa moyenne sur l'ensemble des individus du semis est donnée par l'équation suivante :

$$\hat{L}_{ij}(r) = \sqrt{\frac{\hat{K}_{ij}(r)}{\pi}} - r \frac{I_r}{w_{ij}}$$

Avec A: la surface du domaine d'étude;

N: le nombre d'individus dans le domaine d'étude;

r: distance utilisée comme rayon du cercle autour de chaque individu à l'intérieur duquel tous les individus sont comptés ;

I_r: fonction indicatrice qui vaut 1 si dij (distance séparant le point i du point j) ≤ r et 0 si dij > r ;

W_{ij}: facteur de correction des effets de bords.

➤ **La fonction L de Besag**

Besag (1977) proposa la fonction L (r) qui est une transformation de K(r) et plus facile à interpréter afin de "linéariser" la courbe K(r) et stabiliser sa variance. La fonction ainsi modifiée est exprimée par l'équation :

$$\hat{L}(r) = \sqrt{\frac{\hat{K}(r)}{\pi}} - r$$

Pour un processus de Poisson, à toutes distances r, L (r) - r = 0.

Les fonctions intertypes

Les fonctions K(r) et L(r) peuvent également être étendues aux situations où plusieurs types de points sont distingués dans un même domaine d'étude sur la base d'une marque qualitative et/ou quantitative: Pour analyser la structure spatiale d'un tel peuplement, la fonction K_{ij}(r) qui est l'équivalent de la fonction K(r) a été utilisée. Elle est estimée par l'équation suivante :

$$\hat{K}_{ij}(r) = \frac{A}{n_i n_j} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n_j} \frac{I_r}{w_{ij}}$$

Où i et j sont des individus d'espèces différentes

n_i le nombre d'individus de type i ;

n_j le nombre d'individus de type j ;

Comme pour le cas univarié, on utilise généralement la fonction modifiée couramment appelée fonction intertype L_{ij}(r), plus facile à interpréter et estimée par l'équation :

Nous nous sommes donc limités à une distance de 50 m pour l'estimation de la fonction K(r). Pour tenir compte, relativement à la parcelle, de l'imprécision sur les mesures de position, pris des intervalles de distance de 1 m ont été prises. La fonction L(r), qui caractérise la structure de semis de points simples à chacune des distances r, est utilisée pour tester l'hypothèse nulle de structure aléatoire (Processus de Poisson). On utilise une approche dite de "Monte Carlo" pour tester l'hypothèse nulle (Besag et Diggle, 1977). Cette approche consiste à construire pour chaque distance r fixée, un intervalle de confiance local pour un risque α par la simulation d'un grand nombre de réalisations du processus Poisson. Pour r fixé, ces valeurs sont triées et les bornes de l'intervalle de confiance local sont estimées.

➤ **Interprétation des fonctions de la méthode de Ripley**

En comparant la fonction L(r) d'un processus ponctuel à l'intervalle de confiance construit par une approche de Monte Carlo, on peut caractériser le degré d'agrégation ou de régularité de la structure du semis : les structures régulières sont caractérisées par des valeurs de L(r) inférieures à l'intervalle de confiance tandis que celles des structures agrégées lui sont supérieures. La structure agrégée ou régulière est déterminée donc lorsque la fonction L(r) sort de l'intervalle de confiance, avec un risque de 1% de se tromper. Le même principe du test est appliqué pour la fonction de corrélation paire g(r) et la fonction intertype L_{ij}(r). Quant à la fonction intertype L_{ij}(r) qui caractérise la structure spatiale pour deux semis de points de types différents dans la même surface d'étude. Il découle donc que :

- s'il y a dans un cercle de rayon r autour d'un point de type i plus de voisins de type j que sous l'hypothèse nulle d'indépendance, on parle d'attraction intertype ;

- inversement, s'il y a dans un cercle de rayon r autour d'un point de type i, moins de voisins de type j que sous l'hypothèse nulle d'indépendance, on parle de répulsion inter type.

En effet, dans le cas d'une structure agrégée, la valeur maximale (pic positif de la courbe) atteinte par la fonction L correspond à la distance de l'ordre du rayon moyen des agrégats ou de la portée d'attraction. Quant au pic négatif de la courbe L dans le cas d'une distribution régulière, il correspond à la

distance minimale entre deux voisins directs ou portée de répulsion. Comme pour la fonction $L(r)$, les distances pour lesquelles la fonction $L12(r)$ présente un pic, négatif ou positif, correspondent respectivement aux portées des phénomènes de répulsion ou d'attraction interspécifique.

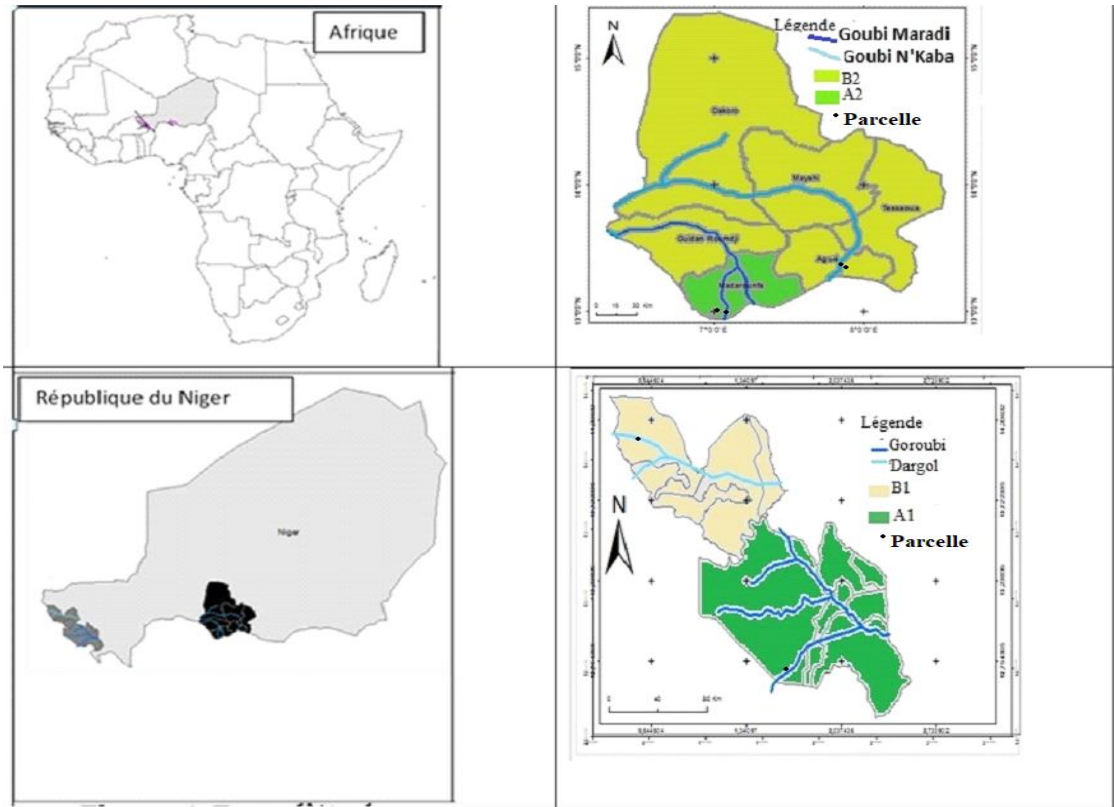


Figure 1 : localisation de la zone d'étude.

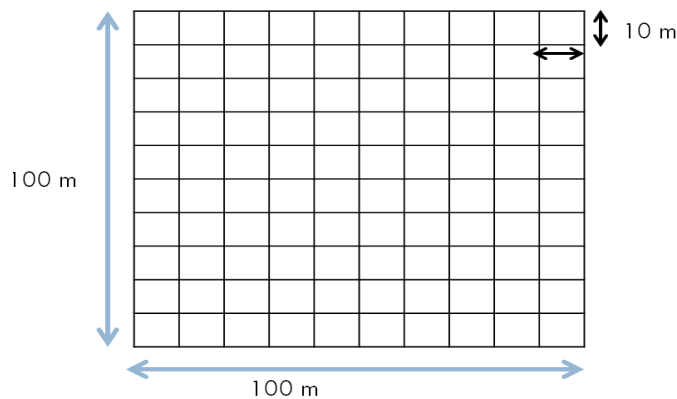


Figure 2 : Dispositif de l'échantillonnage pour le relevé de la végétation ligneuse.

RÉSULTATS

Densité

L'analyse de densité des pieds adultes et celle de régénération a montré une dominance de *D. mespiliformis*. La densité varie en fonction des sites pour toutes les espèces (Tableau 1). En effet, la densité la plus élevée a été obtenue à Dargol (312 pieds/ha) et la plus faible valeur a été observée dans les champs dunaires de Goulbi N'Kaba (5pieds/ha).

Fréquence et taux de régénération

La fréquence et le taux de régénération sont très variables suivant les sites avec une dominance de par *D. mespiliformis* au niveau de tous les sites. L'ensemble de sites est caractérisé par un très faible taux de régénération de *D. mespiliformis* qui, dans le meilleur de cas est de 52.24% à Goroubi (Tableau 2).

Configuration spatiale

Les données de cartographie récoltées sur le terrain ont permis d'avoir la carte de distribution des ligneux en fonction des sites et suivant les types d'occupation de terre (Figure 3). Les observations sur les cartes mettent en évidence des zones couvertes et des zones relativement nues. On observe également que des individus de la même espèce forment des agrégats entre eux. En effet, la Figure 3A présente la répartition spatiale des tous les individus de huit espèces recensées à Dargol. La Figure 3B montre la répartition spatiale de tous les individus de quinze (15) espèces ligneuses rencontrées à Goroubi. La Figure 3C présente la répartition spatiale des individus de douze (12) espèces rencontrées sur la verge de Goulbi Maradi. La Figure 3D présente la répartition spatiale de tous les individus de dix (10) espèces rencontrées sur les champs dunaires de Goulbi Maradi. La Figure 3E représente la

répartition spatiale de tous les individus de douze (12) espèces rencontrées sur la verge de Goulbi N'kaba. La Figure 3F représente la répartition spatiale de tous les individus de quatorze (14) espèces rencontrées sur les champs dunaires de Goubi N'Kaba.

Relations intra-spécifiques

La Figure 4 montre que la répartition spatiale des individus de *D. mespiliformis* suit soit une distribution aléatoire soit une distribution grégaire selon les sites. Ainsi sur la verge de Dargol (Figure 4A), sur la verge de Goroubi (Figure 4B) sur la verge de Goulbi N'Kaba (Figure 4C), la distribution est aléatoire tandis qu'elle est en agrégat sur les champs dunaires de Goulbi N'Kaba (Figures 4D) et à Goulbi Maradi (Figures 4E et 4F). Les pics ne sont pas clairement définis mais en moyenne la portée est comprise entre 4 et 9 m.

Relations interspécifiques

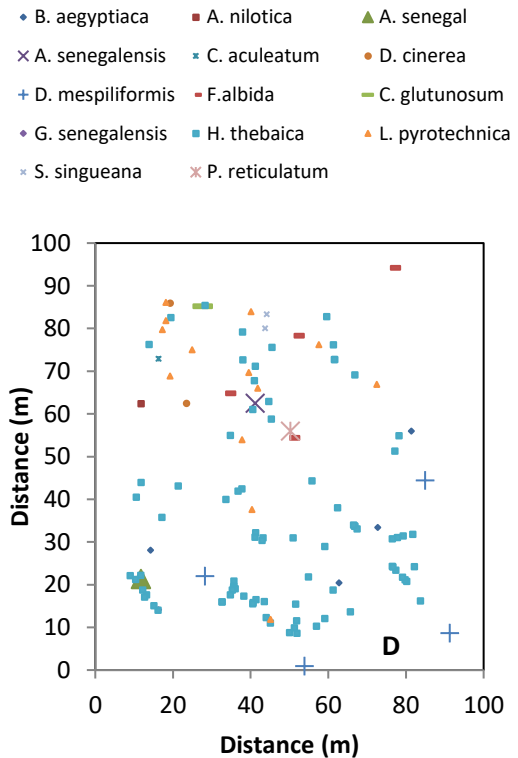
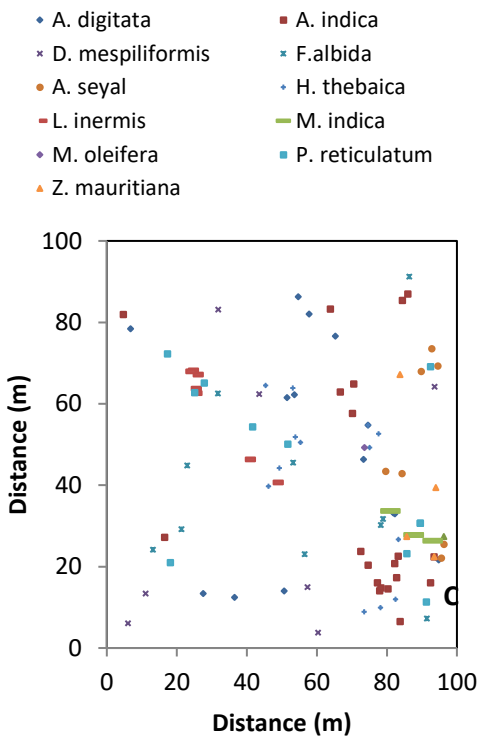
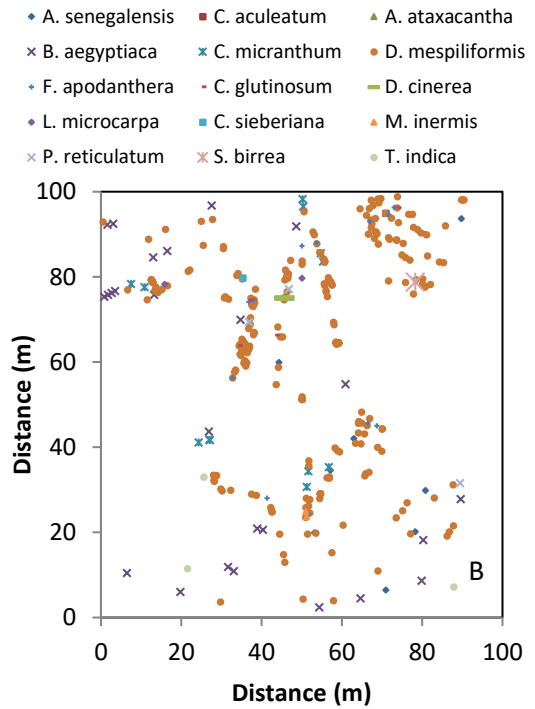
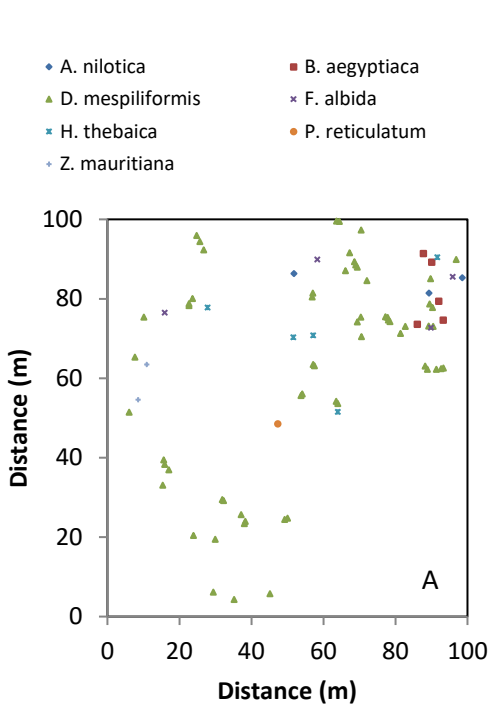
Dans l'ensemble des sites à l'acception de Goroubi, il n'y a pratiquement pas de régénération. La Figure 5 montre la distribution spatiale des individus adultes et les individus jeunes de *D. mespiliformis* sur la berge de Goroubi. Les figures 5a, 5b et 5c présentent les résultats d'analyse de structure spatiale et intertypes entre les individus adultes et ceux de la régénération. La courbe de la fonction intertype L12 (r) montre que les individus jeunes et les individus adultes de *D. mespiliformis* ont une distribution grégaire. Cette distribution suggère qu'il y a un phénomène de facilitation entre les jeunes individus de *D. mespiliformis* et leurs géniteurs. La portée d'attraction est de 3 m entre les adultes et les semis (Figure 5a), elle atteint 26 m entre les souches et les semis (Figure 5c) et 27 m entre les souches et les adultes (Figure 5b).

Tableau 1 : Densité de ligneux dans les différents sites.

ESPECE	Dargol		Goroubi		Goulbi Maradi				Goulbi N'Kaba			
	Berge		Berge		Champs		Berge		Champs		Berge	
	DT	DR	DT	DR	DT	DR	DT	DR	DT	DR	DT	DR
<i>Acacia ataxacantha</i> DC. DC.	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex	4	1	0	0	6	2	0	0	1	0	16	9
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Acacia seyal</i> Del.	0	0	0	0	6	6	7	7	0	0	1	0
<i>Adansonia digitata</i> L.	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	0	0	11	11	2	2	13	4	1	1	0	0
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	0	0	0	0	4	4	20	20	0	0	1	0
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	5	3	32	2	0	0	0	0	4	1	2	0
<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	0	0	0	0	3	3	1	1	0	0	2	1
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	0	0	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst.	64	10	312	163	10	1	8	0	5	0	51	11
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	4	0	0	0	8	3	10	4	4	1	0	0
<i>Feretia apodanthera</i> Del.	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	5	5	0	0	6	6	13	13	140	140	2	2
<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K.	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lawsonia inermis</i> L.	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Mangifera indica</i> L.	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0
<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	1	1	3	0	1	1	11	8	13	7	1	0
<i>Prosopis africana</i> (Guill. &	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Senna singueana</i> (Del.) Lock	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
<i>Tamarindus indica</i> L.	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	6	6
Total	85	22	399	205	48	29	100	70	177	156	84	29

Tableau 2 : Les fréquences et les taux de régénération selon les sites.

ESPECE	Dagor		Goroubi		Goulbi Maradi				Goulbi N'Kaba			
	Berge		Berge		Champs		Berge		Champs		Berge	
	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	0	0	0.5	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd.	4.7	25	0	0	13	33	0	0	0.56	0	19	56
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	0	0	0
<i>Acacia seyal</i> Del.	0	0	0	0	13	100	7	100	0	0	1.2	0
<i>Adansonia digitata</i> L.	0	0	0	0	2.1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	0	0	2.75	100	4.2	100	13	30.77	0.56	100	0	0
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	0	0	0	0	8.3	100	20	100	0.56	100	1.2	0
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.)	5.9	60	8	6.25	0	0	0	0	2.26	25	2.4	0
<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	0	0	0	0	6.3	100	1	100	0	0	2.4	50
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	0	0	0.25	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	0	0	0.25	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Combretum glutinosum</i> Perr.	0	0	1	0	0	0	0	0	0.56	0	0	0
<i>Combretum micranthum</i> G.	0	0	3.25	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.)	0	0	0.25	100	0	0	0	0	1.13	50	0	0
<i>Diospyros mespiliformis</i>	75	16	78	52.24	21	10	8	0	2.85	0	61	22
<i>Faidherbia albida</i> (Del.)	4.7	0	0	0	17	38	10	40	2.26	25	0	0
<i>Feretia apodanthera</i> Del.	0	0	3	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guiera senegalensis</i> J.F.	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	100	0	0
<i>Hyphaene thebaica</i> (L.)	5.9	100	0	0	0	0	13	100	79.1	100	2.4	100
<i>Lannea microcarpa</i> Engl. &	0	0	0.5	0	13	100	0	0	0	0	0	0
<i>Lawsonia inermis</i> L.	0	0	0	0	0	0	7	100	0	0	0	0
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	100	0	0
<i>Mangifera indica</i> L.	0	0	0	0	0	0	4	100	0	0	0	0
<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	0	0	0	0	0	0	1	100	0	0	1.2	0
<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.)	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	1.2	100	0.75	0	2.1	100	11	72.73	7.35	53.9	1.2	0
<i>Prosopis africana</i> (Guill. &	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	0
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0	0	0	0	2.1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Sclerocarya birrea</i> (A.	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Senna singueana</i> (Del.)	0	0	0	0	0	0	0	0	1.13	100	0	0
<i>Tamarindus indica</i> L.	2.4	100	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	4	25	0	0	7.1	100
Total	100	26	100	51.38	100	60	100	70	100	88.1	100	35



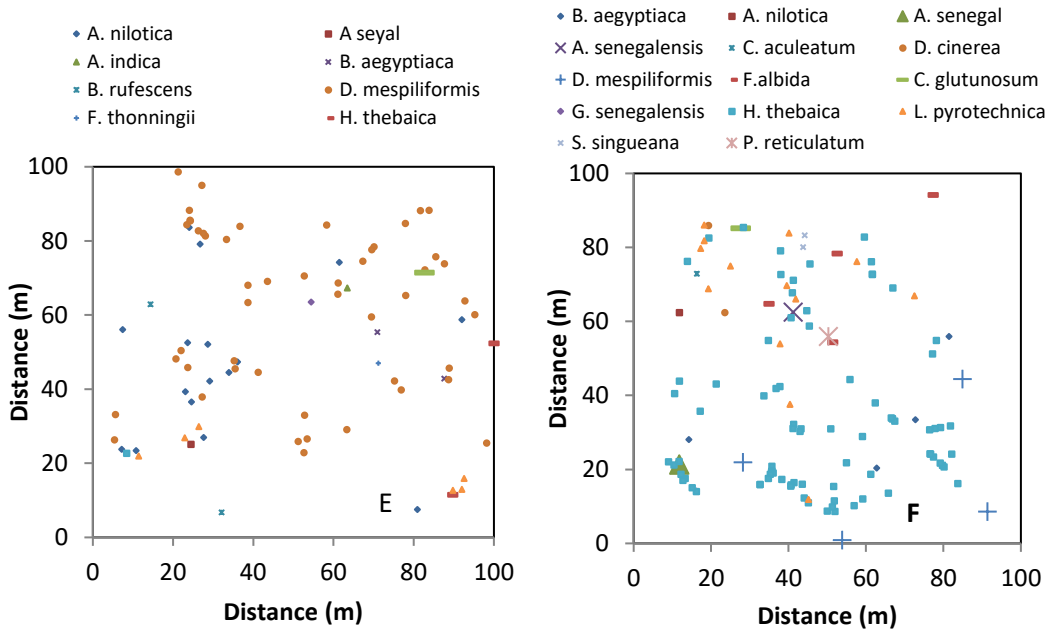
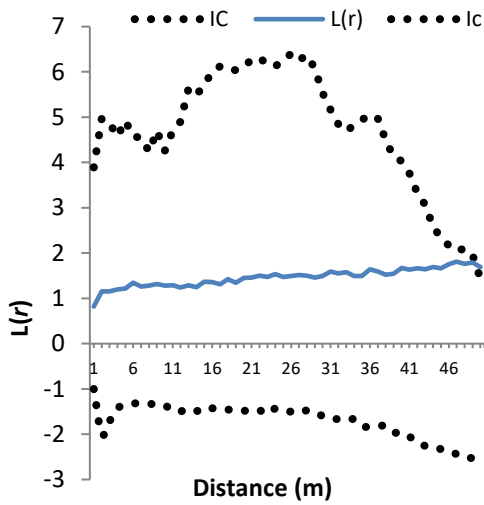
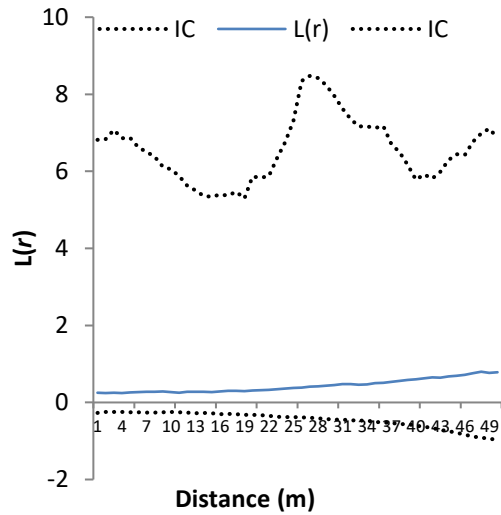


Figure 3 : Carte de distribution de tous les individus des espèces lichénées dans les différentes parcelles.

A= sur la berge de Dargol, B= sur la berge de Goroubi, C= sur la berge de Goulbi Maradi, D= sur les champs dunaires de Goulbi Maradi, E= sur la berge de Goulbi N’Kaba, F= sur les champs dunaires de Goulbi N’Kaba.



A



B

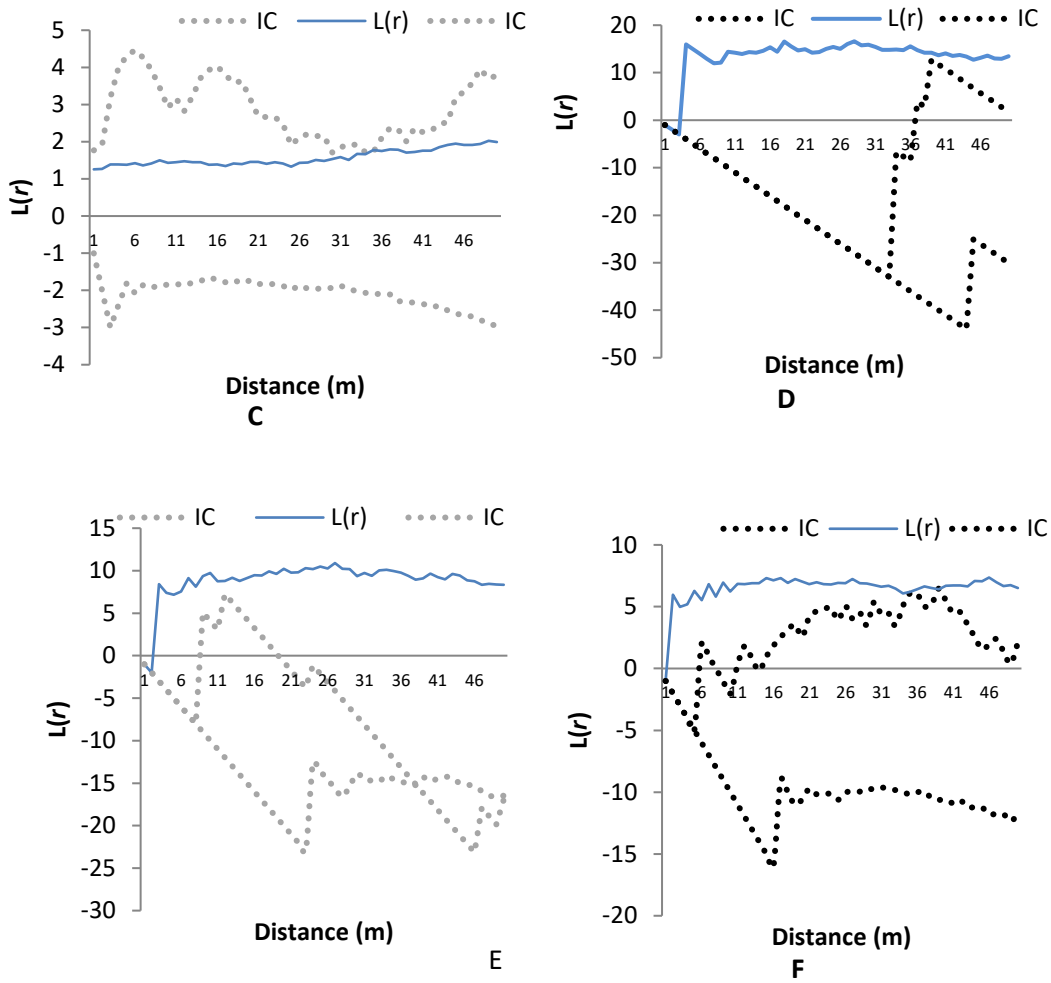
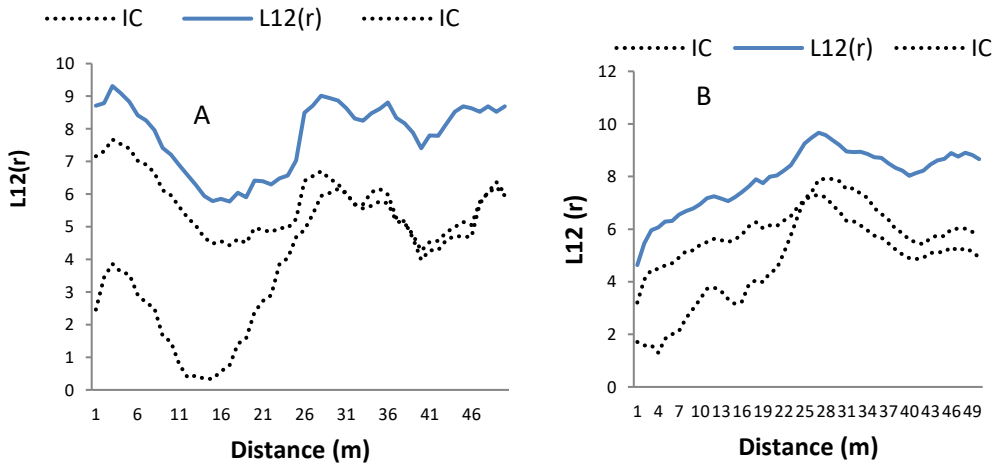


Figure 4 : Illustration de la fonction $L(r)$ de *D. mespiliformis* dans les 6 placettes. A=sur la berge de Dargol, B= sur la berge de Goulbi Maradi, C=sur les champs dunaires de Goulbi N’Kaba, D= sur la berge de Goroubi, E=sur les champs dunaires de Goulbi Maradi et F=sur la berge de Goulbi N’Kaba.



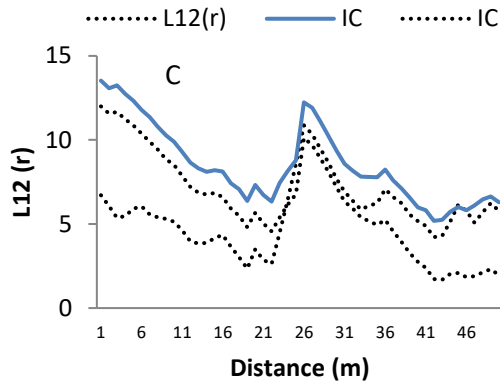


Figure 5: La fonction intertype L12 (r) illustrant la relation entre les plantules et les adultes de *D. mespiliformis* : A=semis et adultes, B= adultes et souches et C=semis et souches.

DISCUSSION

Dans l'ensemble de sites la densité obtenue pour l'ensemble de peuplement (variant entre 48 et 399 pieds/ha) est nettement supérieure à celle trouvée dans les mêmes zones agro-écologiques par (Habou; 2016, Laouali, 2016 et Hamidou, 2016) mais inférieure à celle obtenue par Douma et al., (2010) en zone Soudanienne. Cette densité est à peu-près la même (370 arbres/ha) que celle trouvée par Hountondji et al. (2013) dans les galeries-forestières du Bénin. Cette différence peut être expliquée par le type d'échantillonnage mais surtout par le taux de sondage car dans cette étude des placettes d'un hectare ont été réalisées tandis les autres ont fait des placettes d'un quart d'hectare. D'autre part la proximité d'eau de surface constitue un milieu favorable aux développements des ligneux d'où une densité élevée. Cela explique en partie la différence aux niveaux des sites prospectés. Pour *D. mespiliformis* la densité obtenue variant entre 149 et 8 pieds est largement en dessus de celle trouvée par Douma et al. (2010) au Niger et Hounkpèvi et al. (2011) au Bénin en zone soudanienne.

Sur l'ensemble de zones prospectées *D. mespiliformis* présente la fréquence la plus élevée. Cela s'explique soit par le type d'échantillonnage (Hamidou et al., 2013; Laouali et al., 2016) soit par la capacité compétitivité ou l'adaptabilité de l'espèce aux contraintes naturelles. Le taux de régénération

fait ressortir un vieillissement de l'espèce avec un taux inférieur à 50%. La situation est similaire à celle obtenue par Douma et al., (2010) mais ce taux est inférieur à celui obtenu par Hountondji et al. (2013) en zone soudanienne de Bénin. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la densité est fonction de type de végétation et de gradient pluviométrique.

La répartition spatiale peut rendre compte de dynamique de population d'une espèce. En effet, elle peut mettre en évidence les différents processus naturels à l'origine de l'évolution de l'écosystème (régénération, croissance, mortalité). Cependant, les activités humaines influencent cette répartition des individus ligneux. L'analyse de répartition spatiale de population de *D. mespiliformis* à travers les lois de distribution présente une distribution aléatoire au niveau des verges de Dargol, de Goroubi et de Goulbi N'Kaba. Cette distribution est grégaire dans les champs dunaires et sur la verge de Goulbi Maradi. Les distributions grégaires et aléatoires de l'espèce selon les sites expliqueront le stade évolutif de population qui sous l'action anthropique passe progressivement d'une distribution nettement aléatoire vers une distribution grégaire. Cette distribution grégaire a été observée chez certaines espèces comme *Isobertinia spp.* (Bationo et al., 2005), *B. africana* dont (Fandohan et al., 2008) qui pourrait être liée à leur mode de dissémination (Bationo et al.,

2005). La formation d'agrégats et la présence de densité locale forte sont assez souvent observées pour des espèces structurantes ou communes (Traissac, 2003; Diouf et al., 2010). Plusieurs travaux ont montré comment l'analyse de la répartition spatiale pouvait permettre d'inférer et de décrire des peuplements complexes ou mono-spécifiques, mais aussi de dégager des schémas pour l'étude de leur dynamique (Fajardo et al., 2006 ; Fandohan et al., 2008 ; Fonton et al., 2011, Fonton et al., 2012), en montrant particulièrement comment la répartition spatiale observée pouvait faire l'historique des processus naturels qui régissent et gouvernent la dissémination d'organe (propagules, drageon, bouture ou spores) et ainsi que leur expansion dans un écosystème.

La facilitation entre les plantules de *D. mespiliformis* et leurs semenciers peut s'expliquer par la présence du phénomène allélopathique (Fonton et al., 2012). Selon Traissac (2003), la dissémination est le résultat des interactions de l'espèce avec son environnement abiotique comme la préférence édaphique et l'adaptation à différentes intensités lumineuses ainsi que les facteurs biotiques comme la compétition interspécifique, la prédation et la dissémination. *D. mespiliformis* est une espèce consommée par beaucoup d'oiseaux et les ruminants ce qui pourrait justifier cette relation entre les plantules de *D. mespiliformis*. La relation dans la distribution spatiale entre les jeunes et les adultes serait liée à la récolte délibérée des fruits avant la maturité sur les semenciers par les enfants et les femmes ou même les animaux et graines tombées constituent les stocks de semences. L'homme ou les animaux consommant les fruits de cette espèce rejettent généralement la matière fécale hors de zone de récolte et que le passage des graines dans le tube digestif est susceptible de ramollir les téguments et faciliter la germination de ces graines.

Conclusion

L'interprétation des résultats de cette étude met en évidence une faible densité de *D. mespiliformis* surtout dans les milieux plus anthropisés (champs et jardins). Le

peuplement est caractérisé par une faible régénération naturelle. Les relations spatiales intra-spécifiques varient selon le type d'occupation de sol dont la répartition suit une loi de distribution grégaire dans les milieux plus dégradés. Il existe une répulsion entre les semis et les pieds adultes de *D. mespiliformis*. Ces relations interspécifiques sont la résultante de mode de dissémination des graines de *D. mespiliformis* qui dans la plupart des cas, les graines sont consommées par les animaux puis éjectées sous l'ombrage d'autres pieds d'arbre d'une part et d'autre part l'aménagement du champs pour la l'agriculture permet de couper les jeunes plants créant ainsi un agrégat.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Dans le cadre de ce travail, AA a dirigé l'élaboration du protocole de recherche, le traitement des données et la rédaction du manuscrit. SM, MMI, AD, AM et MS ont contribué régulièrement à l'élaboration du manuscrit et à la formulation des propositions importantes pour améliorer ce travail.

RÉFÉRENCES

- Ali A, Abdou L, Douma S, Mahamane A, Saadou M. 2016. Les ligneux alimentaires de soudure dans les communes rurales de Tamou et Tondikiwindi: diversité et structure des populations. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **31**(1): 4889-4900. DOI : <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
- Goreaud F. 2000. Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes ; Thèse de Doctorat, Option Sciences Forestières. ENGREF, Nancy, P. 526.
- Diouf A. 2006. Etude de la structure spatiale et des interactions biologiques au sein d'une végétation périodique du Niger par l'analyse des processus ponctuels. Mémoire DEA, ULB Bruxelles.
- Diouf A, Nicola B, Mahamane A, Lejoly J, Saadou M, Bogaert J. 2010.

- Caractérisation de la structure spatiale des individus ligneux dans une brousse tachetée au sud-ouest du Niger. *CNRS. Rev. Can. Rach*, **40** : 827-835. DOI: 10.1139/X10-031.
- Diouf A. 2012. Influence du régime des feux d'aménagement sur la structure ligneuse des savanes nord-soudaniennes dans le Parc du W (Sud-Ouest NIGER) ; Thèse de doctorat. Université libre de Bruxelles, p.201 + Annexes.
- Douma S, Chaibou R, MAHAMANE A, Dibi hyppolite N, Mahamane S. 2010. Etat actuel de dégradation des populations de quatre espèces ligneuses fruitières en zone sahélo-soudanienne du Niger : réserve totale de faune de tamou; *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, **16**: 191–210. https://www.researchgate.net/publication/259465151_
- Fajardo A, Goodburn JM, Graham J. 2006. Spatial patterns of regeneration in managed uneven-aged ponderosa pine/Douglas-fir forests of Western Montana, USA. *For. Ecol. Manage.*, **223**(1-3) : 255-266. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.11.022
- FAO. 2007. Deuxième rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Niger, P 68.
- Fandohan B, Glèlè Kakaï R, Sinsin B, Pelz D. 2008. Caractérisation dendrométrique et spatiale de trois essences ligneuses médicinales dans la forêt classée de Wari-Marou au Bénin. *Rev. Ivoirienne Sci. Technol.*, **12** : 173-186. <https://www.researchgate.net/publication/233801685>
- Fonton NH, Atindogbe G, Hounkonnou NM. 2011. Plot size for modelling the spatial structure of Sudanian woodland trees. *Annals of Forest Science*, **68**: 1315–1321. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0111-1>
- Fonton NH, Atindogbe G, Fandohan B, Lejeune P, Ligot G. 2012. Structure spatiale des arbres des savanes boisées et forêts claires soudaniennes : implication pour les enrichissements forestiers. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4) : 429-440. DOI : <https://core.ac.uk/reader/25751592>
- Garba A, Djima I T, Abdou L, Mahamane A. 2017. Caractérisation de la végétation ligneuse du bassin versant de la Maggia dans la commune rurale de Bagaroua (région de Tahoua). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(2): 571-584. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.4>
- Garba A, Amani A, Douma S, Sina AKS, Mahamane A. 2020. Structure des populations de *Tamarindus indica* L. dans la zone Sud-Ouest du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(1): 126-142. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.11>
- Gounot M. 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson : Paris ; p.314.
- Habou R. 2016. Caractérisation des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. et élaboration de normes de gestion durable au Niger et au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, P.196.
- Hamidou A, Dan Guimbo I, Morou B, Taffa SM, Mahamane A. 2013. Potential germination and initial growth of *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst in Niger. *Journal of Applied Biosciences*. **76** : 6433–6443. DOI: 10.4314/jab.v76i1.13
- Hamidou A, Morou B, Rabiou H, Mahamane A. 2016. Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger: cas du complexe des forêts classées de Dan kada Dodo-Dan Gado. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(3): 1048-1068. DOI: 10.4314/ijbcs.v7i3.13
- Hountondji YC, Gaoue OG, Sokpon N, Ozer P. 2013. Analyse écogéographique de la fragmentation du couvert végétal au nord Bénin: paramètres dendrométriques et phytoécologiques comme indicateurs in situ de la dégradation des peuplements ligneux. *Geo-Eco-Trop*, **37**(1): 53-70. <https://www.researchgate.net/publication/260239130>

- Maazou R, Rabiou H, Issiaka Y, Abdou L, Saidou I S, Mahamane A. 2017. Influence de l'occupation des terres sur la dynamique des communautés végétales en zone Sahélienne : cas de la commune rurale de Dantchandou (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(1): 79-92. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.7>
- Menaut JC, Gignoux J, Prado C, Clobert J. 1990. Tree community dynamics in a humid savanna of the Côte d'Ivoire : modelling the effects of fire and competition with grass and neighbours. *Journal of Biogeography*; **17**; 471-481. DOI: <https://doi.org/10.2307/2845379>.
- Oumarou M, Amani A, Ali A, Inoussa Mm, Saley K, Mahamane A, Saadou M. 2021. Évaluation du statut de conservation des espèces végétales dans la commune rurale de Simiri (Niger). *Journal of Animal & Plant Sciences*, **48**(2): 8662-8672. DOI: <https://doi.org/10.35759/JAnmPLSci.v48-2.3>
- Saadou M. 1990. La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger. Thèse de Doctorat ès -Sciences Naturelles. Université de Niamey, p.395 + annexes.
- Saadou M. 2009. Quatrième Rapport National sur la Diversité Biologique (Niger), p.95. <https://ne.test.chm-cbd.net/fr/documents/4eme>.
- Sina AKS, Garba A, Amani A, Abdou L, Mahamane A. 2019. Perceptions communautaires, usages socio-économiques et importance agroécologique des peuplements de *Acacia senegal* (L.) Willd. dans le Sud Ouest du Niger: Cas du site gommier de la grappe de Lido dans la commune de Guéchémé. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(7): 3087-3102. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.10>
- Traissec S. 2003. Dynamique spatiale de *Vouacapoua americana* (Aublet), arbre de forêt tropicale humide a répartition agrégée. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard. Lyon 1. P.201 + Annexe.