

STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE ET REPARTITION SPATIALE DES POPULATIONS DE *PINUS HALEPENSIS* MILLDE LA FORET DOMANIALE DE BENI OUDJANA (KHENCHLA)

HANI Insaf, RACHED-KANOUNI Malika et ABABSA Labeled

Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi

E-mail de l'auteur principal : insaflyne@gmail.com

Résumé : L'établissement et l'interprétation des structures en diamètre et hauteur sont indispensables pour la prise de décisions en aménagement forestier. Cette étude vise à décrire la structure en diamètre et la distribution spatiale des populations de *Pinus halepensis* dans la forêt domaniale de Beni Oudjana (Khenchela). La connaissance de ces paramètres constitue une étape indispensable à leur gestion durable. Le diamètre à 1,30 m du sol, la hauteur totale des individus de *P. halepensis* ont été mesurés sur 6 parcelles selon un gradient altitudinal. Les structures en diamètre et hauteur ont été établies suivant les classes de diamètre ou hauteur et ajustées à la distribution théorique de Weibull. La densité de l'espèce augmente selon ce gradient de 4060 pieds/hectare dans la placette P3 (à une altitude de 1472m) à 340 pieds/hectare dans la placette P2 (1106m d'altitude). Le peuplement de la parcelle 4 se caractérise par les plus faibles valeurs de diamètre ($5,784 \pm 7,03$ cm) de hauteur ($3,19 \pm 2,56$ m), de surface terrière ($0,006 \pm 0,02$ m²/ha), de volume total ($0,03 \pm 0,10$ m³/ha) et de densité relative de 15%. L'analyse des structures en diamètre et en hauteur révèle une augmentation de la fréquence des individus jeunes. Ces résultats contribuent à l'amélioration de la connaissance sur les indicateurs d'état actuel des peuplements de *Pinus halepensis* naturels pouvant servir de base dans la gestion de la forêt de Beni Oudjana.

MOTS-CLÉS : *Pinus Halepensis*, Paramètres dendrométriques, Structure diamétrique, Situation spatial, Structure démographique

ABSTRACT

The establishment and interpretation of diameter and height structures is essential for forest management decision-making. This study aims to describe the diameter structure and spatial distribution of *Pinus halepensis* populations in the Beni Oudjana (Khenchela) forest. Knowledge of these parameters is an essential step in their sustainable management. The diameter at 1.30 m from the ground, the total height of *P. halepensis* individuals were measured on 6 plots according to an altitudinal gradient. The diameter and height structures were established according to the diameter or height classes and adjusted to the theoretical Weibull distribution. The density of the species increases according to this gradient from 4060 feet/hectare in plot P3 (at an altitude of 1472m) to 340 feet/hectare in plot P2 (1106m altitude). The stand of plot 4 is characterized by the lowest average values for diameter (5.784 ± 7.03 cm) height (3.19 ± 2.56 m), basal area (0.00 ± 0.02 m²/ha), total volume (0.03 ± 0.10 m³/ha) and relative density of 15%. Analysis of diameter and height structures shows an increase in the frequency of young individuals. These results contribute to the improvement of knowledge on current status indicators of natural *P. halepensis* stands that can be used as a basis for the management of the Beni Oudjana forest.

KEYWORDS: *Pinus Halepensis*, Dendrometric parameters, Diametric structure, spatial situation, Demographic structure

Introduction

Les forêts jouent un rôle crucial dans le maintien de la vie sur la planète [1]. Elles interviennent dans la régulation des systèmes climatiques mondiaux et régionaux [2]. Elles constituent des puits de carbone [3], sont très riches en biodiversité et procurent des ressources vitales aux populations humaines. Malgré ces fonctions multiples, l'aménagement des forêts naturelles, particulièrement dans les zones arides et semi arides en Algérie, est confronté au manque de données devant permettre la compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes en termes de composition floristique, de structure démographique et de régénération. Par conséquent, élaborer des stratégies et des approches de gestion durable reposant sur des bases scientifiques fiables reste très difficile [4]. Cependant, des données concernant les caractéristiques structurales et la dynamique des espèces végétales ne sont malheureusement pas documentées. L'étude de la structure d'une formation forestière sert de base à sa sylviculture, guide l'économie forestière, permet d'évaluer l'état de dégradation des écosystèmes, aide à comprendre l'historique de gestion passé des peuplements et la dynamique forestière [5]. La pinède de Beni oudjana a subi depuis des siècles d'intenses pressions humaines (défrichements, coupes illicites, incendies, pâturages...) causant ainsi la déforestation et la régression du couvert végétal. A cela, s'ajoutent ces dernières années la sécheresse successive et prolongée qui sont à l'origine du dessèchement et du dépérissement des arbres sur pieds. Tous ces facteurs conjugués ont entraîné une diminution nette de la couverture forestière

qui a provoqué une rupture du système naturel de défense et de restauration des sols. Toutefois, au cours de cette dernière décennie, une attention particulière et un intérêt scientifique et forestier ont été exprimés pour cette espèce [6].

Cette étude a pour objectif principal d'analyser la structure démographique et la distribution spatiale des populations de pin d'Alep dans la forêt de Beni Oudjana, étape indispensable dans le processus de leur gestion durable.

Méthodologie

1. Zone d'étude

Le massif forestier de Beni Oudjana se situe au Nord-Ouest de Khenchela (Algérie) entre la longitude (X1: 6°58'07", X2: 6°42'34") et latitude (Y1: 35°28'22", Y2: 36°19'04") (Fig. 1). Globalement, la région d'étude se situe dans l'étage bioclimatique (semi-aride à hiver froid et rigoureux et un été chaud et relativement sec) culminant à une altitude oscillant entre 950 mètres à 1700 mètres avec des pentes fortes supérieures à 25%. Le substrat est variable, de type marneux et marno-calcaire pour la pinède et grès et dolomies pour le cèdre de l'Atlas [6]. Et un réseau hydrographique dense, représenté essentiellement par des vallées.

Afin de caractériser la distribution diamétrale de peuplements *Pinus halepensis* présents dans cette forêt et la structure verticale, 6 parcelles d'échantillonnage ont été établies de façon aléatoire. Ces parcelles étaient rectangulaires, d'une surface de 500 m² (25 m x 20 m) à l'intérieur de laquelle tous les individus ont été recensés. Pour chacun de ces arbres, la circonférence à 1,30 m (C) et la hauteur totale (H) ont été mesurées.

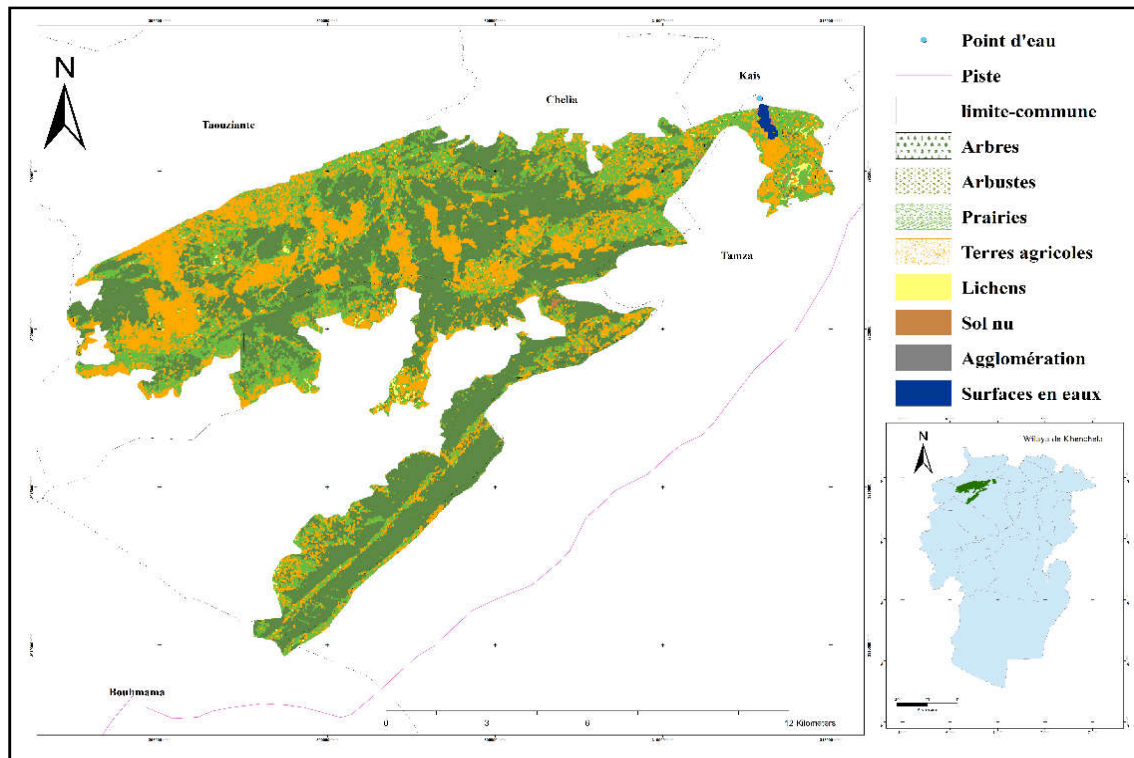


Fig. 1. -Occupation du sol de la forêt de Beni Oudjana

2. Analyse et traitement des données

2.1. Caractéristiques structurales des populations de *P. halepensis*

Les données obtenues ont été saisies sur le tableur Excel, qui a permis de déterminer les caractéristiques écologiques et la structure de la population naturelle de *Pinus halepensis*. Une analyse de variance a été effectuée pour comparer les paramètres dendrométriques (densité, densité relative, diamètre, hauteur totale, surface terrière et le volume total) des peuplements dans les différentes placettes échantillonnées. Les données qui ne suivent pas une distribution normale selon le test de Ryan Joiner [7] ont été comparées à l'aide du test non paramétrique de Kruskal Wallis. Les logiciels XLSTAT (2014) et Minitab (2018) ont été utilisés.

Les formules des paramètres étudiés au niveau de chaque parcelle sont indiquées dans le tableau 1 et qui sont :

- La densité (A) ou nombre d'individus par hectare [8 ; 9].
- La densité relative (Ar) en pourcentage [8].
- La surface terrière (G en m^2/ha) est la somme de la section transversale à 130 cm au-dessus du sol de tous les individus de *P. halepensis* [9].
- Le volume total (V) dépend de la surface terrière et de la hauteur des individus [9].

Les valeurs moyennes des différents paramètres dendrométriques mesurés et des autres paramètres calculés (densité, surface terrière, volume total) ont été utilisées pour une analyse en composantes principales (ACP) visant à caractériser le peuplement de *P. halepensis*.

Tab. 1. - Paramètres dendrométriques

Paramètre	Formule	Signification
Densité (<i>A</i>)	$A = N/S$	<i>N</i> : nombre de tiges de l'espèce <i>i</i> <i>S</i> :est la superficie en Hectare
Densité relative (<i>Ar</i>)	$Ar = \frac{ni}{N} * 100$	<i>ni</i> :nombre d'arbres de la parcelle <i>N</i> : nombre total
Surface terrière (<i>G</i>)	$G = \sum gi = \sum \pi * Di^2 / 4$	<i>gi</i> : Surface terrière de l'individu <i>i</i> <i>G</i> : surface terrière du peuplement <i>Di</i> : Diamètre à hauteur poitrine de l'individu <i>i</i>
Volume total (<i>V</i>)	$V = 0.522 * \frac{htot * C^2}{4\pi(1 - 1.3/htot)^2}$	<i>C</i> : la circonférence de l'espèce <i>i</i> <i>Htot</i> : Hauteur totale de l'individu 0.522 : coefficient de forme de <i>P. halepensis</i> .

2.2. Structure démographique du peuplement de *P. halepensis*

La structure démographique a été analysée au moyen de la répartition des individus ligneux en classes de diamètre et de hauteur. Un test d'ajustement à la distribution théorique de Weibull [7 ; 10] a été effectué à l'aide du logiciel Minitab (2018). 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 peuplements ; elle se caractérise par une fonction de densité de probabilité, *f(x)*, avec *x* le diamètre (cm), la circonférence (cm) ou la hauteur (m) des arbres, *f(x)* sa valeur de densité de probabilité générée à partir des centres des classes de diamètre ou de hauteur et des paramètres *a*, *b* et *c*[10]. Elle se présente sous la forme suivante [11] :

$$f(x) = \frac{c}{b} (x - a/b)^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{x - a}{b} \right)^c \right]$$

Le paramètre *a* correspond à la valeur seuil, c'est-à-dire à la plus petite valeur de diamètre (respectivement de hauteur) retenue pour la constitution des histogrammes. Le paramètre *b* est lié à la valeur centrale de la distribution des classes de diamètre et de hauteur[8 ; 10].

Enfin, le paramètre *c* est lié à la structure observée et, selon sa valeur, conduit la distribution de Weibull à prendre plusieurs formes selon la valeur de ce paramètre [10]. Une valeur de *c* < 1, distribution en « J renversé » est caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes, tandis qu'une valeur *c* > 3,6 est caractéristique des peuplements à prédominance d'individus âgés. Par ailleurs si 1 < *c* < 3,6 cela désigne des peuplements avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.

2.3. Situation spatiale du peuplement de *P. halepensis*

La situation spatiale a été estimée par deux facteurs principaux, le degré de couverture (DC) et le facteur d'espacement (S). Le degré de couverture (*DC*) permet d'estimer le pourcentage de la surface du sol couvert par la canopée par rapport au pourcentage de la surface où la lumière atteint le sol. Il est possible après observation du recouvrement de dire si la formation végétale est très fermée, fermée ou ouverte [12]. Il est calculé par la formule suivante :

$$DC (\%) = \sum (Sh * 100) / Sp$$

Sh: surface couverte par houppier

Sp: surface de la parcelle

Lorsque le degré de couverture du peuplement est supérieur à 50%, la surface est forestière. Lorsque celui-ci est inférieur à 30%, la surface est en principe non forestière.

Le facteur d'espacement (S) de Hart Becking [10] est utilisé principalement pour chiffrer et préciser le degré de vigueur d'une éclaircie ; il donne une relation entre l'espacement moyen « a » des arbres et la hauteur dominante (Hd) du peuplement. L'espacement moyen des arbres (a) se calcule avec la formule ci-dessous dans laquelle N est la densité en nombre de tiges par hectare du peuplement.

$$a = \sqrt{100000 / (N * 0.866)}$$

Selon Hart-Becking [5] le facteur d'espacement définit avec précision la densité de chaque peuplement en relation avec sa vigueur et sa rapidité de croissance, donc le régime d'éclaircie auquel il est soumis. Il est donc calculé avec la formule suivante :

$$S\% = \left(\frac{a}{Hd} \right) * 100$$

Hd: Hauteur dominante, il s'agit de la hauteur moyenne des plus grands arbres du peuplement [13]. Un facteur d'espacement

de 16 % correspond par exemple à des éclaircies faibles, de 20 % à des éclaircies modérées, de 25 % à des éclaircies très fortes [11].

Résultats et discussions

1. Paramètres structuraux des populations de *P. halepensis*

De manière générale, les paramètres dendrométriques de *P. halepensis* varie significativement ($P < 0,0001$) selon le gradient altitudinal. La densité relative du peuplement est trop élevée dans la placette P3 avec 45,72%, en revanche, les placettes P2, P1 et P5 présentent une très faible abondance avec (3,82% ; 5,63% et 11,03%). La surface terrière et le volume total de *P. halepensis* sont significativement différents au niveau de cinq placettes ; la placette P2 présente les moyennes les plus élevées et qui sont respectivement $0,07 \pm 0,11 \text{ m}^2/\text{ha}$ et $0,91 \pm 1,40 \text{ m}^3/\text{ha}$. Le plus faible diamètre est observé dans la placette P4 ($5,784 \pm 7,03 \text{ cm}$). Ce même peuplement se caractérise cependant par les plus faibles valeurs de hauteur, de surface terrière et de volume total avec ($3,19 \pm 2,56 \text{ m}$), ($0,006 \pm 0,02 \text{ m}^2/\text{ha}$) et ($0,03 \pm 0,10 \text{ m}^3/\text{ha}$) respectivement, comparativement aux autres peuplements investiguées (Tab. 2).

Tab. 2.- Caractéristiques dendrométriques

Placettes	Altitude (m)	Ar (Pieds/ha)	Diamètre (cm)	Hauteur (m)	Surface Terrière (m ² /h)	Volume total (m ³)
P1	1121	5,63%	12,78 ^{ABC} ±11,41	6,23 ^{BC} ±3,81	0,02 ^B ±0,05	0,17 ^{AB} ±0,44
P2	1106	3,82%	21,47 ^A ±23,72	9,55 ^{AB} ±8	0,07 ^A ±0,11	0,91 ^A ±1,40
P3	1472	45,72%	14,31 ^{AB} ±11,92	12,8 ^A ±9,4	0,02 ^B ±0,04	0,42 ^{AB} ±0,7
P4	1186	15,99%	5,784 ^C ±7,03	3,19 ^C ±2,56	0,006 ^B ±0,02	0,03 ^B ±0,10
P5	1434	11,03%	16,12 ^{AB} ±16,25	12,14 ^A ±9,87	0,04 ^{AB} ±0,05	0,72 ^A ±1,01
P6	1284	17,79%	7,59 ^B ±11,19	6,12 ^{BC} ±5,71	0,01 ^B ±0,05	0,20 ^B ±1,08
CM			1122,5	629,15	0,016	3,56
Probabilité			< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur les valeurs moyennes des paramètres dendrométriques obtenus révèle que les deux premiers facteurs de l'analyse portent plus de 92,65% de la variance expliquée. Les cercles de corrélation permettent parfois de donner une interprétation à certaines composantes principales. Ainsi, l'examen de la figure 2 permet de constater que les variables qui sont proches du cercle de corrélation sont les mieux représentées.

L'examen de la figure 2, montre que l'axe 1 contient, à lui seul 58,08% de l'information apportée par l'ensemble des variables initiales, constitué essentiellement par les variables surface terrière, volume, diamètre et hauteur, alors que l'axe 2, ne contient que 34,57% de l'information formé par les variables densité et densité relative. La figure ci-dessous représente le cercle de corrélation permettant de répéter rapidement les groupes variables liées entre elles ou opposées.

Le premier groupe (GI) dans l'extrémité positive, est formée par les parcelles 2 et 5. Le second (GII) groupe figurant à l'autre extrémité de l'axe 1, comprend les paramètres (surface terrière, volume, diamètre et hauteur) et les parcelles (1, 4 et 6) qui sont négativement corrélés. Le troisième groupe (GIII) n'est représenté que par deux paramètres (densité et densité relative) et la parcelle 3 et qui sont négativement corrélés avec l'axe 2.

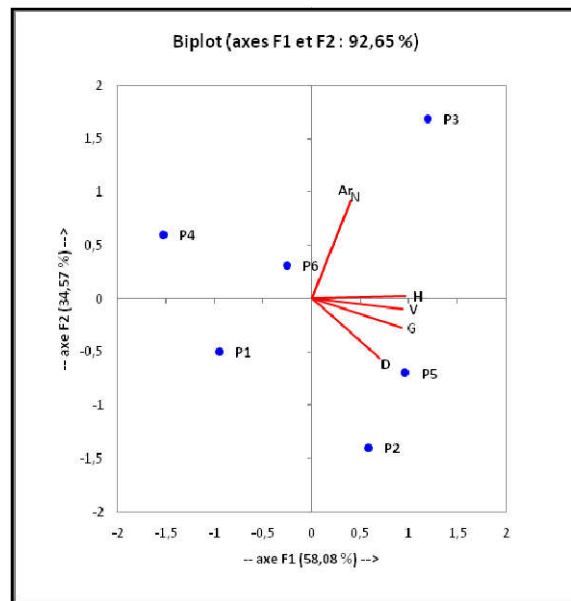


Fig. 2. -Plan factoriel principal de l'ACP des caractéristiques dendrométriques des populations de *P. halepensis*

2. Structure démographique des populations de *P. halepensis*

2.1. Structure diamétrique des peuplements

La structure en diamètre du peuplement du *P. halepensis* dans les placettes P2, P5 et P6 présente une forme en J-renversé avec le paramètre de forme c prenant une valeur inférieure à 1. Cette structure est donc régressive et caractéristique d'un peuplement naturel multispécifique à fort potentiel de régénération [12]. Par ailleurs, La répartition des individus dans les placettes P1, P3 et P4 en classes de diamètre présente une distribution dont l'allure s'apparente à une courbe en forme de « L » (Fig. 3), avec un paramètre de forme $c \approx 1$ Cette distribution exponentiellement décroissante, caractéristique de populations à fort potentiel de régénération mais présentant un problème de survie lors de la transition entre les stades de développement [13].

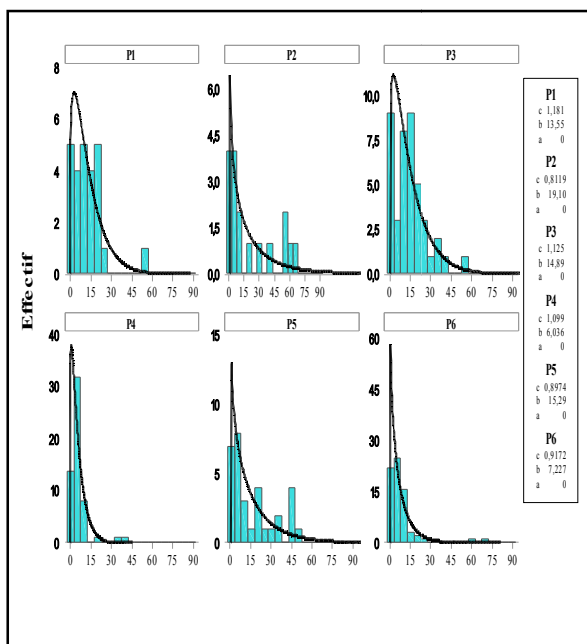


Fig. 3 - Structure en diamètre de *P. halepensis* selon la distribution de Weibull

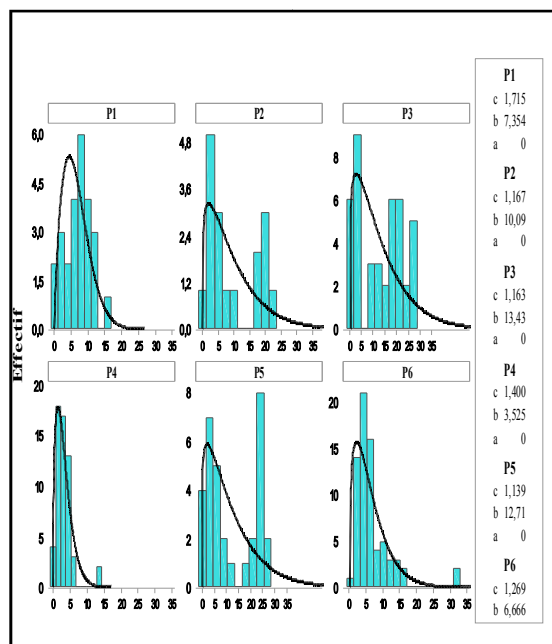


Fig. 4 - Structure en hauteur de *P. halepensis* selon la distribution de Weibull.

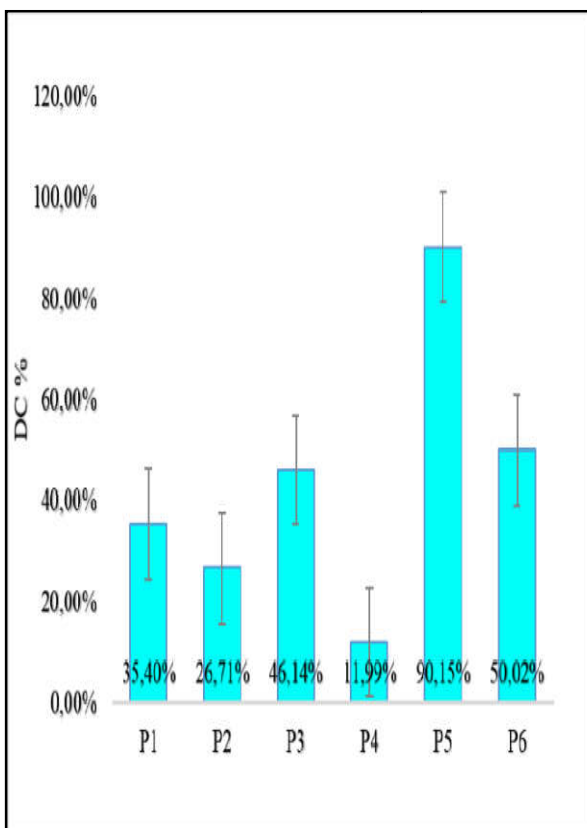


Fig. 5. -Degré de couverture

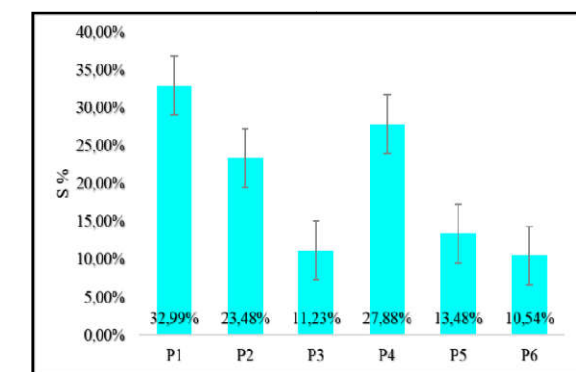
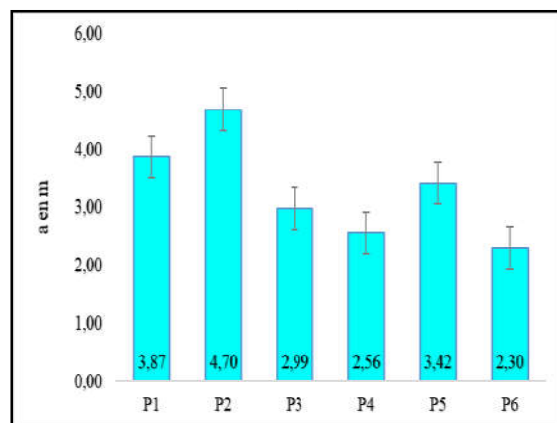


Fig. 6. - Espacement moyen et facteur d'espacement des arbres

2.2. Structure en hauteur des populations de *P. halepensis*

La répartition des arbres en classes de hauteur totale à 5 m d'amplitude montre une seule distribution dans les six placettes dont l'allure s'assimile à une courbe dissymétrique à gauche ; cette distribution révèle une prédominance d'individus d'une hauteur comprise entre [0 ; 5m [et [5 ; 10m [avec 2460pieds/ha et 1040pieds/ha respectivement (stade semis à fourré) [14]. Dans la strate supérieure à 20m en haut, les arbres sont moins abondants en nombre que celles de la strate intermédiaire entre 10 et 20m de hauteur. Les placettes d'étude sont caractérisées par un paramètre de forme de distribution théorique de Weibull égal à 1 ce qui caractéristique de populations à fort potentiel de régénération mais présentant un problème de survie lors de la transition entre les stades de développement. L'analyse log-linéaire montre que toutes les structures des hauteurs observées s'ajustent avec la distribution de Weibull (Fig. 4).

3. Situation spatiale du peuplement de *P. halepensis*

3.1. Degré de couverture et facteur d'espacement

Le degré de couverture représente la somme des projections des couronnes de pin d'Alep rapportés à sa surface totale [13]. Les résultats obtenus montrent que les placettes P2 et P4 ayant un degré de couverture compris entre 10% et 30%, cela signifie que ce sont des arbres dispersées vu la faible densité de la strate des arbres émergents dans les pinèdes et que la plupart des surfaces sont occupées par d'autres essences forestière [15]. Le degré de couverture des placettes (P1 et P3) est compris entre 30 et 50% cela montre que ces peuplements ont une végétation forestière claire et ouverte ; alors que la végétation

forestière de la placette P6 est dense avec un degré de couverture qui dépasse 50.02%. La placette P5 où la végétation forestière est trop dense et continue, le degré de couverture atteint jusqu'à 90.15% de la surface totale (Fig. 5).

3.2. Facteur d'espacement (S) de Hart Becking

permettant de chiffrer plus ou moins la grande intensité d'une éclaircie dans un peuplement forestier [14]. La figure 5 résume les résultats obtenus pour chaque peuplement du Pin d'Alep, plus le facteur d'espacement (S%) est élevé, plus le peuplement est ouvert et plus l'éclaircie est forte [16]. Les placettes P3, P5 et P6 ont des valeurs trop faibles en espacement moyen et en facteur d'espacement S% et sont ainsi des peuplements fermés et denses. Les placettes P1 et P2 donnent une abondance relative de 5.63% et 3.82% à l'hectare, ce qui leur confère un espacement moyen de 3,87 et 4,70 m et un facteur d'espacement S% (32,99% et 23,48%) et donc ces peuplements sont très ouverts et faiblement denses (Fig. 6).

Conclusion

Le suivi d'une forêt permet de détecter les changements au fil du temps. Tout environnement vivant est en perpétuel changement. L'étude des caractéristiques dendrométriques de *Pinus halepensis* suivant les placettes d'étude a montré que la densité augmentait selon le gradient altitudinal. Selon le test d'ajustement de weibull, la forêt de Beni Oudjana est caractérisée par un peuplement à dominance d'individus de petit diamètre, ce qui traduit une régénération forte de l'espèce. Les individus de gros diamètre y sont presque absents dans les différents peuplements de Pin d'Alep, ainsi, l'analyse sylvicole a fourni des connaissances sur les peuplements forestiers, leur taille, leur dynamisme, leur état de développement, leur démographie. Enfin cet état constituera une

référence aux prochains résultats de suivi et de décision pour les forestiers dans le cadre d'aménagement.

Références bibliographiques

[1] Myers N., 1996. The world's forests: Problems and potentials, *Environmental Conservation* 23, pp. 156-168.

[2] Gedney N. et Valdes P. J., 2000. The effect of deforestation on the northern hemisphere circulation and climate, *Geophysical Research Letters* 27, pp. 3053-3056.

[3] Grace J., Lloyd J., McIntyre J., Miranda A. C., P. Meir et Miranda H.S., 1995. Carbon-dioxide uptake by an undisturbed tropical rain-forest in southwest Amazonia, 1992 to 1993, *Science* 270, pp. 778-780.

[4] Godoy R., 1992. Some organizing principles in the valuation of tropical forests, *Forest Ecology and Management* 50, pp. 171-180.

[5] Merino A., Real C., Álvarez-González J. G., Manuel A. et Rodríguez-Gutián M. A., 2007. Forest structure and C stocks in natural *Fagus sylvatica* forest in southern Europe: The effects of past management, *Forest Ecology and Management* 250, pp. 206-214.

[6] Bentouati A., 2006. Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du massif de OuledYaagoub (Khenchela-Aurès). Thèse Doctorat, 116 p.

[7] Rondeux J., 1999. La mesure des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique, Les Presses agronomiques de Gembloux, 522 p.

[8] Hamidou A., Habou R., Abdoulaye D., Boubé M., Ali M., Ronald B., 2017. Structure démographique et répartition spatiale des populations de *Sclerocaryabirrea*(A. Rich.)

Hochst du secteur sahélien du Niger. Bois et forêts des tropiques, n ° 333(3) focus / population structure and spatial distribution of *Sclerocaryabirrea*. Pp 55-65.

[9] Deleuze C., Morneau F., Renaud J.P., Vivien Y., Rivoir M.E., Santenoise P., Longuetaud F., Mothe F., Hervé J.C., Vallet P., 2014. Estimer le volume total d'un arbre, quelles que soient l'essence, la taille, la sylviculture, la station. Rendez-vous Techniques n° 44 – ONF., pp. 22-

[10] Habou R., Abdoulaye D., Babou A., Kossi N., Kossi A., Adzo D., Raoufou R., Kouami K., Ali M., Mahamane S., 2015. Structure des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus*Poir. dans le domaine soudanien, au Niger et au Burkina Faso., Bois et forêts des tropiques, 2015, n° 325 (3), Pp 71-83.

[11] Johnson N.L., Kotz S., 1970. Distributions in Statistics: Continuous Univariate Distributions. New York, USA, John Wiley & Sons, 756 p.

[12] Kemadjou M., 2011. Dynamique forestière post-exploitation industrielle: Cas de la forêt dense semi- décidue de Mbalmayo au sud Cameroun. Université de Yaoundé I, p10-13.

[13] PARDE J. (1956): Une notion pleine d'intérêt: la hauteur dominante des peuplements forestiers. Rev. For. Fr. VIII (12), 850-856.

[14] Parde J. et Bouchon J. (1988): Dendrométrie. 2^{ème} édition Ecole national du génie rural des eaux et forêts. 328 p.

[15] Lantovololona F., 2010. Inventaire floristique et caractérisation des usages des ressources végétales dans la zone d'extension de la réserve spéciale de BezaMahafaly. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

de Diplôme d'ingénieur en sciences agronomiques, option eau et forêts, Université d'Antananarivo, école supérieure des sciences agronomiques, département des eaux et forêts, 93p.

[16] Forster H., Matar B., Badmokréo B., 2001. Méthodologie et Instruction pour l'Exécution des Inventaires Forestiers Détaillés et Participatifs au Niveau des Marchés Ruraux. Projet Energie Domestique (PED). Agence pour l'Energie Domestique et l'Environnement (AEDE), 41p.oç_