

# Répartition des arbres et des volumes par classes de grosseur dans les peuplements de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Tunisie

Tahar Sghaier<sup>a,\*</sup> et Rodolphe Palm<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Unité de gestion et de valorisation des ressources forestières, Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts, BP N° 2, 2080 Ariana, Tunisie

<sup>b</sup> Unité de statistique et informatique appliquées, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, passage des déportés, 8, 5030 Gembloux, Belgique

(Reçu le 23 Mars 2001 ; accepté le 16 Juillet 2001)

**Résumé** – L'étude de la répartition des arbres et des volumes par classes de grosseur pour le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Tunisie a été réalisée à partir de 348 placettes temporaires de 4 ares. L'écart-type ( $\hat{\sigma}$ ), les coefficients de dissymétrie ( $\hat{\gamma}_1$ ) et d'aplatissement ( $\hat{\beta}_2$ ) de la distribution des circonférences mesurées à 1,3 m de hauteur ont été calculés pour chaque placette et mis en relation par régression avec l'âge, la hauteur dominante et la circonférence moyenne des placettes. Les relations obtenues ont servi à l'estimation des mêmes paramètres pour les différents peuplements théoriques correspondant à chacune des lignes des tables de production établies à partir des mêmes placettes. La fonction de densité de probabilité relative à la distribution de type I de Pearson de chacun de ces peuplements théoriques a ensuite été déterminée. Grâce à cette fonction de densité de probabilité, des tables de répartition (en pourcentage) du nombre d'arbre et du volume par classes de circonférence de 10 cm ont été dressées.

**pin d'Alep / classes de grosseur / régression / modèle de répartition / système de Pearson**

**Abstract – Distribution study of trees and volumes by girth classes in stands of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Tunisia.** A study of the number and volume of trees by girth classes for Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Tunisia was carried out using data collected from 348 temporary plots of 4 ares. The standard deviation ( $\hat{\sigma}$ ), the FISHER coefficient ( $\hat{\gamma}_1$ ) and PEARSON coefficient ( $\hat{\beta}_2$ ) for the girth distribution were calculated for each plot and related to age, dominant height and mean plot circumference. The resulting relationships were used to estimate the parameters of the girth distribution for each theoretical stand corresponding to one row of the yield tables that were established from the same plots. The probability density function relative to Pearson's type I distribution was determined for each theoretical stand. According to this function of density, distribution tables giving the number and the volume of trees (in percent) by girth classes of 10 cm were drawn up.

**Aleppo pine / girth classes / regression / distribution model / Pearson system**

---

\* Correspondance et tirés-à-part

Tél. +216 71 230 039 ; Fax. +216 71 717 951 ; e-mail : sghaier.tahar@iresa.agrinet.tn

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre d'une étude intégrée sur le pin d'Alep en Tunisie, un modèle de croissance en hauteur dominante a été construit [8] et des tables de production ont été établies [1]. Quatre classes de fertilité correspondant aux hauteurs dominantes à l'âge de 45 ans de 13,5, 10,5, 7,5 et 4,5 mètres ont été identifiées.

Le caractère synthétique des informations présentes dans ces tables constitue cependant un des inconvénients majeurs de ce genre d'outil [5]. En particulier, l'absence d'information concernant la répartition des tiges d'un peuplement par classes de grosseur est un élément important susceptible de limiter l'utilisation des tables. La connaissance de la distribution des circonférences permet, en effet, aux gestionnaires forestiers de mieux planifier l'exploitation forestière et d'effectuer le martelage des arbres à exploiter sur une base plus scientifique. Cette information est également d'une grande utilité pour l'industriel devant s'assurer un approvisionnement en produits ligneux de dimensions bien définies.

Des modèles de répartition des tiges par classes de grosseur peuvent cependant être construits à partir de certains paramètres descriptifs du peuplement fournis par les tables de production (âge, hauteur dominante, circonférence moyenne, etc.), de manière à compléter ces tables [3, 5, 6].

L'objectif de cette étude est de déterminer la distribution par catégories de circonférence des arbres du peuplement principal au cours de son développement. À partir de cette distribution, des tableaux présentant la proportion des arbres et du volume du bois fort par catégories de circonférence en fonction de l'âge seront également établis.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Matériel expérimental

Nous utilisons dans cette étude les données qui ont servi de base à l'élaboration des tables de production pour le pin d'Alep. Elles sont relatives à 348 placettes temporaires de forme circulaire et d'une superficie de quatre ares, réparties sur l'ensemble des régions de distribution de pin d'Alep en Tunisie. Les principales caractéristiques dendrométriques des peuplements échantillonnés figurent au *tableau 1*.

### 2.2. Détermination de la distribution des arbres et de la proportion des volumes en fonction de la circonférence

Pour chacune des placettes échantillonnées, l'écart-type ( $\hat{\sigma}$ ), le coefficient de dissymétrie ( $\hat{\gamma}_1$ ) et le coefficient d'aplatissement ( $\hat{\beta}_2$ ) de la distribution des circonférences mesurées à 1,3 m de hauteur ont été déterminés [8]. Les relations entre les valeurs de ces trois paramètres et l'âge ( $A$ ), la hauteur dominante ( $H_{dom}$ ) et la circonférence moyenne des placettes ( $CM$ ) ont alors été établies par régression.

Par la suite, à l'aide de ces relations, les mêmes paramètres sont estimés pour les différents peuplements théoriques correspondant à chaque classe de fertilité et pour les différents âges correspondant à chacune des lignes des tables de production. Le type de distribution est déterminé à l'aide du système de Pearson [7] en fonction des valeurs des coefficients de dissymétrie et d'aplatissement [2].

Une fois le type de distribution identifié, l'équation de la fonction de densité de probabilité correspondante [4] est utilisée pour calculer la répartition en classes de grosseur des arbres du peuplement. Pour estimer les

**Tableau I.** Principales caractéristiques dendrométriques des placettes échantillonnées.

<i>Variables</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Coefficient de variation (%)</i>
Âge (années)	51	18	150	43
Nombre de tiges par hectare	818	400	2 475	41
Circonférence moyenne (cm)	46,9	24,0	101,7	29
Hauteur dominante (m)	8,9	2,9	18,0	27
Hauteur dominante à 45 ans (m)	9,2	3,8	21,1	35

différents paramètres de cette fonction et calculer les valeurs attendues des circonférences au centimètre près, nous avons eu recours à des programmes informatiques conçus spécialement à cet effet. Pour le calcul de la proportion du volume du bois fort, nous avons utilisé le tarif de cubage à une entrée élaboré (circonférence à 1,30 m) lors de la construction des tables de production [1].

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. Distribution des arbres et des volumes en fonction de la circonférence

Les relations retenues pour décrire l'évolution des paramètres  $\hat{\sigma}$ ,  $\hat{\gamma}_1$ , et  $\hat{\beta}_2$  en fonction de l'âge ( $A$ ) et de la circonférence moyenne des placettes ( $CM$ ) sont les suivantes :

$$\log(\hat{\sigma}) = -2,770 + 1,061 \log(CM) + 0,347 \log(A) \quad (1)$$

( $R^2 = 0,63$  et  $E.T.R = 0,247$ )

$$\hat{\gamma}_1 = 2,770 - 0,863 \log(CM) + 2,89 \log(A) \quad (2)$$

( $R^2 = 0,18$  et  $E.T.R = 0,484$ )

$$\log(\hat{\beta}_2) = 2,234 - 0,308 \log(CM) \quad (3)$$

( $R^2 = 0,06$  et  $E.T.R = 0,336$ ).

La hauteur dominante n'a pas été prise en compte car elle n'a pas permis d'améliorer la qualité de l'ajustement pour les différents paramètres. La transformation des variables a été réalisée à l'aide du logarithme népérien.

D'après les valeurs de  $\hat{\gamma}_1$  et de  $\hat{\beta}_2$  les distributions des circonférences appartiennent à la distribution de type I de Pearson [7] dont l'expression générale est la suivante :

$$f(x) = y_e \left(1 + \frac{x}{a_1}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{x}{a_2}\right)^{m_2} \quad (-a_1 < x < a_2). \quad (4)$$

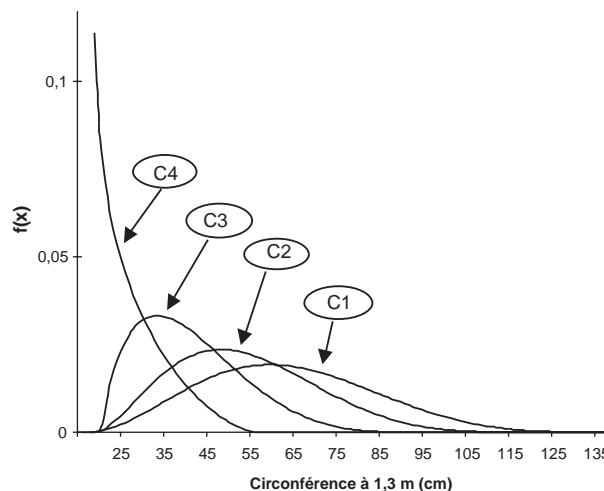
avec :

$$y_e = \frac{N}{a_1 + a_2} \frac{(m_1 + 1)^{m_1} (m_2 + 1)^{m_2}}{(m_1 + m_2 + 2)^{m_1 + m_2}} \frac{\Gamma(m_1 + m_2 + 2)}{\Gamma(m_1 + 1)\Gamma(m_2 + 1)} \quad (5)$$

où  $\Gamma(\cdot)$  est la fonction gamma et  $N$  est le nombre total d'arbres.

Dans cette relation,  $f(x)$  est la densité de probabilité,  $x$  est la circonférence à 1,3 m ;  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $a_1$  et  $a_2$  sont fonction des paramètres de la distribution. Des informations complémentaires concernant le calcul de cette distribution sont données par Elderton et Johnson [4].

À titre d'illustration, la *figure 1* donne la distribution des circonférences à l'âge de 45 ans pour les quatre classes de fertilité en terme de densité de probabilité. Pour



**Figure 1.** Représentation graphique par la densité de probabilité de la distribution des arbres à l'âge de 45 ans en fonction de la circonférence à 1,3 m pour les quatre classes de fertilité (c1 à c4).

une distribution donnée, la proportion d'arbres appartenant à une classe de circonférence dont les limites seraient  $a_1$  et  $a_2$  est l'intégrale de la fonction de densité sur cet intervalle, c'est-à-dire :  $\int_{a_1}^{a_2} f(x)dx$ . Cette proportion peut être représentée par la surface sous la courbe  $y = f(x)$ , limité par deux droites perpendiculaires à l'axe des abscisses, élevées à la limite inférieure ( $a_1$ ) et à la limite supérieure ( $a_2$ ) de la classe.

Pour la détermination de la proportion du volume par classe, la surface sous la courbe de densité de probabilité a été divisée, par des lignes verticales, en  $N$  parties, de surface constante et égale à  $1/N$ ,  $N$  étant le nombre d'arbres du peuplement. Chaque surface élémentaire correspond à un arbre donné. La distribution théorique continue des circonférences a été par la suite remplacée par une distribution groupée, avec un intervalle de classe constant et égal à 1 cm. On peut dès lors estimer pour chacune de ces classes, le volume de tous les arbres à partir du tarif de cubage à une entrée et déterminer la proportion du volume par classe de circonférence.

#### 3.2. Présentation des tableaux

Les *tableaux II à IX* représentent, pour chaque classe de fertilité et pour les différents âges, la répartition en pourcentage des arbres et des volumes par classes de circonférence de 10 cm. Cette répartition est calculée à partir de 25 ans. Toutefois, la répartition des arbres pour la



**Tableau IV.** Pin d'Alep – Tables de production – Classe 3 (Hdom à 45 ans = 7,5 m).

Répartition des arbres par catégories de circonférences – Valeurs en pour-cent.

Age	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
C130															
10 à 19	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 à 29	62	52	37	25	19	14	13	11	10	10	10	11	10	11	11
30 à 39	23	34	37	36	32	29	26	24	22	21	20	20	20	20	20
40 à 49	3	11	19	24	26	26	25	23	23	21	21	20	19	19	19
50 à 59	0	1	6	11	15	17	18	19	18	18	18	17	17	16	16
60 à 69	0	0	1	3	6	9	11	12	13	13	13	13	13	13	12
70 à 79	0	0	0	1	2	4	5	7	8	9	9	9	10	9	9
80 à 89	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	5	6	6	6	6
90 à 99	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	3	3	4	4
100 à 109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
110 à 119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

**Tableau V.** Pin d'Alep – Tables de production – Classe 4 (Hdom à 45 ans = 4,5 m).

Répartition des arbres par catégories de circonférence – Valeurs en pour-cent.

Age	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
C130													
10 à 19	37	24	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 à 29	48	52	56	58	57	57	49	48	50	52	43	44	44
30 à 39	14	19	24	27	26	24	27	26	25	22	26	25	24
40 à 49	1	5	8	12	13	13	15	15	14	14	16	15	15
50 à 59	0	0	1	3	4	5	7	8	8	8	10	10	10
60 à 69	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	4	5	6
70 à 79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

quatrième classe de fertilité est déterminée à partir de l'âge de 35 ans seulement, car, en dessous de 35 ans, la circonférence moyenne est inférieure à 22 cm (limite du bois fort).

Le *tableau II* montre, par exemple, que dans un peuplement de la classe 1 âgé de 35 ans, 85 % des arbres ont une circonférence inférieure à 70 cm, 14 % ont une circonférence comprise entre 70 et 89 cm et 1 % des arbres dépassent 90 cm. Pour le même peuplement et les mêmes catégories commerciales, les proportions en volume sont les suivantes (*tableau VI*) :

moins de 70 cm : 63 %,  
de 70 à 89 cm : 33 %,  
90 et plus : 4 %.

#### 4. DISCUSSION

Dans cette étude, nous avons envisagé la construction d'un modèle de répartition des arbres et des volumes par classes de grosseur pour le pin d'Alep en Tunisie.

Les tables de production ne renseignent que sur l'évolution des paramètres dendrométriques moyens et des volumes sur pied des peuplements. La connaissance de la distribution des tiges par classes de grosseur constitue pour l'aménagiste forestier un outil très précieux qui lui facilite la prévision des différentes interventions sylvicoles ainsi que des volumes récoltés.



**Tableau VIII.** Pin d'Alep – Tables de production – Classe 3 (Hdom à 45 ans = 7.5 m).

Répartition du volume du bois fort par catégories de circonférences – Valeurs en pour-cent.

Age	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
C130															
10 à 19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 à 29	46	27	14	7	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
30 à 39	41	42	33	24	17	12	10	8	7	6	5	5	5	5	5
40 à 49	11	26	32	31	27	22	18	16	13	12	11	10	9	9	9
50 à 59	0	5	17	24	26	25	23	21	18	17	16	15	14	13	12
60 à 69	0	0	4	12	18	21	22	22	21	20	18	18	17	16	16
70 à 79	0	0	0	2	7	12	15	17	18	19	18	18	18	17	17
80 à 89	0	0	0	0	1	4	8	11	13	14	15	15	16	16	16
90 à 99	0	0	0	0	0	1	2	4	7	8	10	11	12	12	13
100 à 109	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	6	8	8
110 à 119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3

**Tableau IX.** Pin d'Alep – Tables de production – Classe 4 (Hdom à 45 ans = 4,5 m).

Répartition du volume du bois fort par catégories de circonférence – Valeurs en pour-cent.

Age	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
C130													
10 à 19	10	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 à 29	51	41	34	29	26	25	19	17	17	17	13	13	13
30 à 39	35	37	35	32	29	26	25	22	21	20	19	18	17
40 à 49	4	17	24	27	27	26	27	25	24	22	23	22	21
50 à 59	0	0	5	12	16	19	21	23	23	23	23	23	23
60 à 69	0	0	0	0	2	4	8	12	14	15	18	19	20
70 à 79	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	4	5	6

Les tables donnant la proportion d'arbres et du volume par classes de grosseur constituent ainsi un complément utile aux tables de production classiques. Elles ont été établies en analysant l'évolution des caractéristiques des distributions de grosseurs dans les placettes échantillonnées.

Les relations qui ont été établies montrent que seuls la circonférence moyenne et l'âge interviennent dans la prédiction de l'écart-type et des coefficients de

dissymétrie et d'aplatissement de la distribution des circonférences à 1,30 m de hauteur. La hauteur dominante étant très liée à la circonférence moyenne avec un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,793. Il est apparu également que l'écart-type des grosseurs augmente avec l'âge des peuplements, alors que la dissymétrie des distributions diminue avec l'âge. D'une manière générale, les distributions calculées correspondent à des distributions en cloche à dissymétrie gauche. Toutefois, pour la classe 4, les distributions sont en i.

**BIBLIOGRAPHIE**

[1] Ammari Y., Sghaier T., Khaldi A., Garchi S., Productivité du pin d'Alep en Tunisie : Table de production (à paraître dans les Annales de l'INRGREF, Vol. 4), 2000.

[2] Dagnelie P., Statistique théorique et appliquée. Tome 1 : statistique descriptive et bases de l'inférence statistique, Bruxelles, De Boeck, 1998, 508 p.

[3] El Asri A., El Abid A., Structure des peuplements du cèdre sur substrat basaltique en forêt d'Azrou, Ann. Rech. For. Maroc 30 (1997) 90–98.

[4] Elderton W.P., Johnson N.L., Systems of frequency curves, Cambridge, University Press, 1969, 216 p.

[5] Lejeune P., Construction d'un modèle de répartition des arbres par classes de grosseur pour des plantations d'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst) en Ardenne belge, Ann. Sci. For. 51 (1994) 53–65.

[6] Palm R., Tables de production de l'épicéa : étude de la répartition des nombres d'arbres et des volumes par catégories de circonférences, Bull. Soc. R. For. Belg. 88 2 (1981) 67–73.

[7] Pearson E.S., Hartley H.O., Biometrika tables for statisticians (Vol. I), University Press, Cambridge, 1966, 264 p.

[8] Sghaier T., Ammari Y., Garchi S., Khaldi A., Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep (à paraître dans les Annales de l'INRGREF, Vol. 4), 2000.