

## Testing the application of silviculture specific to artificial stands of *Pinus pinaster* L. of the unique forest series of Hamdia (Tabarka)

### Essai d'application d'une sylviculture propre aux peuplements artificiels de Pin maritime (*Pinus pinaster* L.) de la série forestière unique de Hamdia (Tabarka)

N. BOUSSAIDI<sup>1\*</sup>, T. MECHERGUI<sup>2</sup>, J. WAHBI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Sylvo-Pastoral de Tabarka (Laboratoire des Ressources Sylvo-Pastorales)

<sup>2</sup> Faculté des Sciences de Bizerte

\*Corresponding author : naceurb8@gmail.com

**Abstract** – In the unique serial of Hamdia (Tabarka), maritime pine, planted since 1965, occupies in mixture with the cork oak and stone pine 393 ha. Reforestation efforts, in terms of production of lumber and industrial wood, both in quality and quantity, remain dependent on the application of appropriate silvicultural methods (pruning, thinning).

The density at that time was 2500 plants per hectare and 982500 plants throughout the serial. This density decreased from one year to another until reaching 259874 according to the first inventory made in 1995 with a volume of 12398 m<sup>3</sup> of wood. In 2016, a second inventory was carried out, where we noticed an increase in number of trees and consequently in volume which could be explained by a strong regeneration by sowing in the maquis, the enclaves and after the passage of fires and a lack of application of specific silviculture to these stands, something that we propose in this study that takes into account the social problem and able to ensure the sustainability, the preservation of the forest ecosystem and the production of wood.

**Keywords:** Maritime pine, pruning, thinning, inventory, silviculture, volume.

**Résumé** – Dans la série unique de Hamdia (Tabarka), le Pin maritime planté depuis 1965 occupe en mélange avec le Chêne-liège et avec le Pin pignon 393 ha. Les efforts de reboisement, en matière de production de bois d'œuvre et d'industrie aussi bien en qualité qu'en quantité, restent tributaires de l'application de méthodes sylvicoles adéquates (élagages, éclaircies).

La densité à cette époque était de 2500 plants par hectare soit 982500 dans toute la série. Cette densité diminuait d'une année à l'autre jusqu'à atteindre 259874 plants au premier inventaire réalisé en 1995 avec un volume de 12398 m<sup>3</sup> de bois. En 2016, un deuxième inventaire a été effectué où nous avons remarqué une augmentation en nombre d'arbres et par conséquent en volume expliquée par une forte régénération par semis dans le maquis, les enclaves et après le passage de feux et un manque d'application d'une sylviculture propre à ces peuplements, qui tiendra compte dans cette étude de la problématique sociale et capable d'assurer la durabilité, la préservation de l'écosystème forestier et la production du bois.

**Mots clés :** Série, Pin maritime, élagage, éclaircies, inventaire, sylviculture, volume

#### 1. Introduction

L'étude de la production des fruits est du ressort de l'arboriculture, celle de la production des bois constitue la sylviculture ; la première ne porte que sur les arbres considérés isolément, tandis que la seconde ne s'occupe guère que de ceux qui croissent en massif. Considérée comme art, la sylviculture comprend non-seulement l'exploitation des forêts, mais encore l'ensemble des travaux et des moyens divers d'en accroître le produit. Elle n'est pas uniforme ni invariable dans ses principes, car elle doit, comme l'agriculture, se modifier suivant les circonstances. Le progrès pour elle est dans l'adoption de modes de traitement de plus en plus conformes aux lois de la physiologie végétale, dans l'exécution de travaux de culture et d'entretien de plus en plus complets et mieux entendus



Le pin maritime (*Pinus pinaster L.*), introduit dès le début des travaux de fixation des sables sur la base des reboisements des dunes côtières en Europe et en Afrique du Nord a donné de bons résultats. Il occupe dans la série de Hamdia, soit avec le Chêne-liège soit avec le pin pignon, 393 ha. Il est largement utilisé dans les plantations réalisées entre 1950 et 1965.

C'est une espèce exigeante en humidité et éminemment colonisatrice, elle s'est trouvée relativement à son aise dans la série. Le Pin maritime se montre, toutefois, supporter assez mal la concurrence exercée par d'autres espèces notamment les acacias sur les stations les moins fertiles, les volumes sur pieds sont en effet systématiquement inférieurs aux peuplements purs de même âge.

Cette essence occupe 5000 ha, environ, dont 2000 ha à l'état pur et le reste en mélange avec le Chêne-liège et avec le Pin pignon. Ces formations sont localisées strictement entre la plaine de Tabarka et la frontière algérienne avec une limite méridionale plutôt écologique (altitude de 500 m environ). Elles colonisent surtout des sols lessivés gréseux et des sols superficiels et fuient l'hydromorphie superficielle. La valeur climatique de cette essence est contestée par certains auteurs qui le rélargissent au rang d'espèce de substitution du Chêne-liège surtout après incendie (Debazac 1959), alors qui lui reconnaissant d'au moins une valeur pragmatique et des groupements similaires à ceux de Chêne-liège (Schönenberger-1970).

Les objectifs de cette étude sont :

- L'étude et la présentation d'un bilan en matière de production, croissance du Pin maritime de la série unique de Hamdia en peuplements artificiels.
- La présentation aux gestionnaires forestiers un modèle de conduite sylvicole propre à cette série.

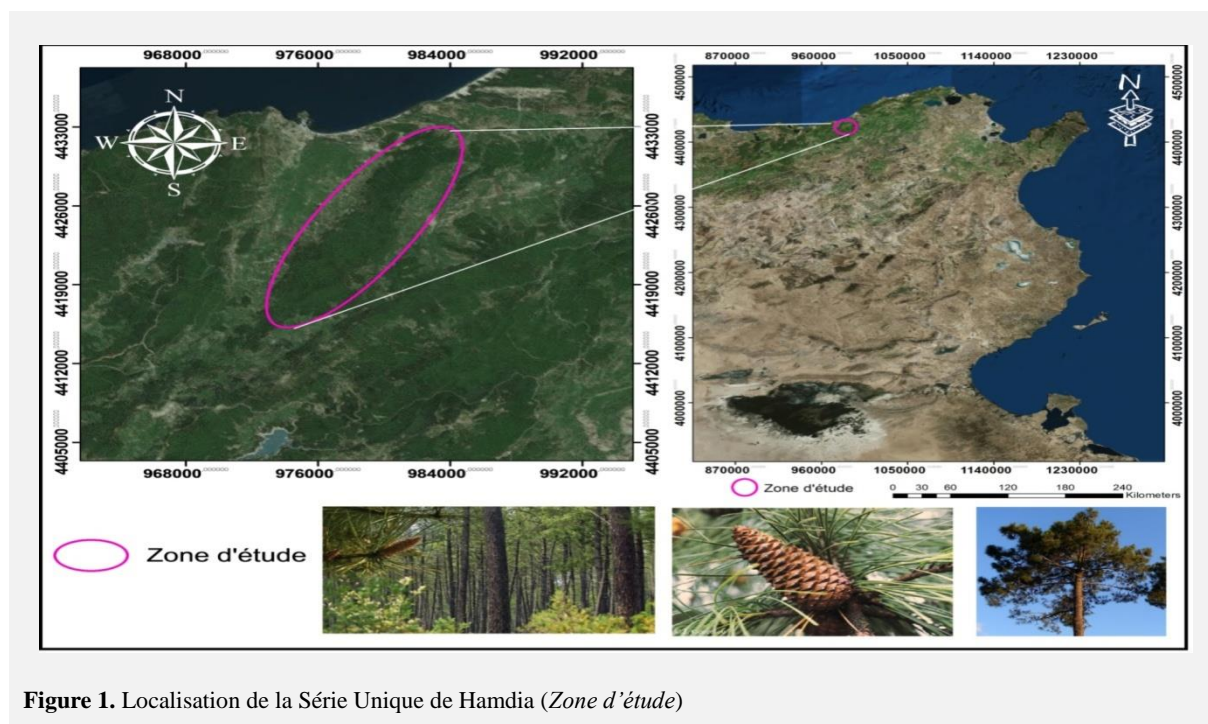
## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1. Zone d'étude

La série unique de Hamdia (Fig 1) fait partie du Gouvernorat de Jendouba, Délégation de Tabarka et secteur de Hamdia. Sur le plan administratif, elle relève de l'Arrondissement Forestier d'Ain Draham, de la Subdivision Forestière de Tabarka et du triage de Sidi Bader.

Cette série est composée de 67 parcelles renfermant principalement une subéraie et ses formations de dégradation sur 65% de sa surface.



**Figure 1.** Localisation de la Série Unique de Hamdia (*Zone d'étude*)

La végétation naturelle appartient principalement à la série de chêne-liège avec 5 groupements :

- Groupement *Quercus suber* avec *Quercus canariensis*, *Agrimonia eupatoria* et *Cytisus trifolus*.
- Groupement à *Quercus suber* et *Cytisus trifolus*.
- Groupement à *Quercus suber*, *Pistacia lentiscus* et *Erica arborea*.

- Groupement à *Quercus suber*, *Pistacia lentiscus* et *Quercus coccifera*.
- Groupement à *Arbutus unedo*, *Quercus coccifera* et *Erica arborea*.

Les limites géographiques de la série sont :

- Est et Nord-Est : forêt de Mekna 1<sup>ère</sup> série
- Nord et Ouest : la plaine de Tabarka
- Sud : forêt d'Ain Draham VI<sup>ème</sup> série

La série de Hamdia est caractérisée par un climat méditerranéen humide dont la pluviométrie est de 1000 mm/an avec une saison sèche qui s'étend de 3 à 5 mois, parfois les neiges couvrent les sommets de cette montagne majestueuse. La forêt a une exposition générale Nord, Nord-Ouest. Elle est ouverte aux influences maritimes et incluses dans le bioclimat humide inférieur.

Les précipitations sont en moyenne de 989 mm/an sur la côte. Selon Selmi (1985), ces précipitations varient avec l'altitude et sont mal réparties tout au long de l'année.

Le régime saisonnier est de type H.A.P.E (Hiver, Automne, Printemps, Eté). Les pluies sont mal réparties tout le long de l'année, l'hiver étant la saison la plus arrosée avec 40 à 50% du total et avec un maximum au mois de Janvier et l'été la saison la plus sèche avec un minimum d'eau au mois d'Août. A ces mauvaises répartitions, s'ajoutent des fluctuations périodiques annuelles importantes (Selmi, 1985). La série de Hamdia qui fait partie de la région de Tabarka enregistre un quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ ) de 158,8 ce qui permet de situer la zone d'étude dans l'étage bioclimatique humide.

Pour la température moyenne annuelle, elle décroît avec l'altitude jusqu'à 18,1°C sur la côte, et 47 °C au cours du mois d'Août comme une température maximale absolue.

Sur le plan pédologique, du fait de la nature de la roche mère, constituée des colluvions gréseuses sur argile, les sols de la série Hamdia sont perméables et dépourvus de calcaire. Ils sont caractérisés par leur lessivage et leur hydromorphie et règnent par un climat caractérisé par une forte pluviosité pendant la saison froide.

Du point de vue pédologique, les sols de la série varient d'une station à l'autre. Ainsi on peut distinguer les principaux types de sols suivants :

#### **2.1.1.1. Sol brun forestier**

Ce type de sol se rencontre :

\* En bas des bassins versants, il est humifère (0 -50 cm) et très profond (plus de 150 cm) sur argile bariolée, non hydromorphe, occupé par du Chêne zen à laurier

\* A mi-versant, on trouve un sol humifère (0-25cm) profond (plus de 100 cm)

Sur argile bariolée, non hydromorphe, avec une végétation, soit du Chêne zen, *Myrtus*, *Phyllaria* et *Smilax* ou de Chêne-liège à *Cistus ssp*, *Smilax aspera* et *Rubus ulmifolius*.

\*En haut des versant, on trouve un sol assez humifère (0 -25 cm) et peu profond (environ 60 cm) avec une végétation de Chêne zen à Myrte et de Chêne-liège à arbousier et bruyère.

Il est à signaler que sur les versants Sud et Sud-Est, le sol est peu humifère (0 -25cm) et à colluvions sableuses

#### **2.1.1.2. Sol peu évolué :**

Il peut être soit :

\* Sableux et peu humifère (0 -5 cm) sur la crête et les pentes sèches et présente une végétation dégradée de Chêne-liège à *Halimium*

\* Lourd et peu humifère (0 -5 cm) par tâches au Nord-Ouest et au Sud de la série avec une végétation de Chêne-liège à *Pistacia Lentiscus*

#### **2.1.2. Présentation de l'espèce (Pin maritime : *Pinus pinaster* L.)**

Le pin maritime est une espèce de la Méditerranée occidentale à affinité atlantique. Sa répartition est comprise entre le 31<sup>ème</sup> et 46<sup>ème</sup> de latitude Nord et entre le 8<sup>ème</sup> de longitude Ouest et le 13<sup>ème</sup> de longitude Nord.

Dans cette aire (Fig. 2), le pin maritime se répartie comme suit :

##### **❖ En Europe**

Les peuplements de pin maritime se divisent en deux blocs :

- le premier bloc s'intègre dans le domaine atlantique et comprend les peuplements du Portugal, de l'Espagne et de la France,

- le deuxième bloc fait partie du domaine méditerranéen et comprend les peuplements ouest de l'Espagne, du Sud Est de la France, des îles d'Elbe et de Pantelleria et ceux de la bordure du littoral de l'Italie.

Le pin maritime est caractérisé par une aire de répartition naturelle très fragmentée sur tout le pourtour occidental du bassin méditerranéen (Pastuszka et al. 2002). Cette aire est très variée quant aux conditions de sols et de climat. Les principales provenances reconnues sont :

- - En France : le sud-ouest, le sud-est et la Corse,
- - En Espagne : la Galice, les Asturies, la Castille, les sierras d'Aragon et d'Andalousie,
- - Au Portugal : du nord jusqu'au sud de Lisbonne,
- - Au Maroc : dans le Rif occidental et oriental, dans le moyen et haut Atlas,
- - En Algérie : côte de Kabylie,
- - En Tunisie : région de Tabarka,
- - En Italie : la Ligurie, la Toscane et la Sardaigne.

#### ❖ En Afrique

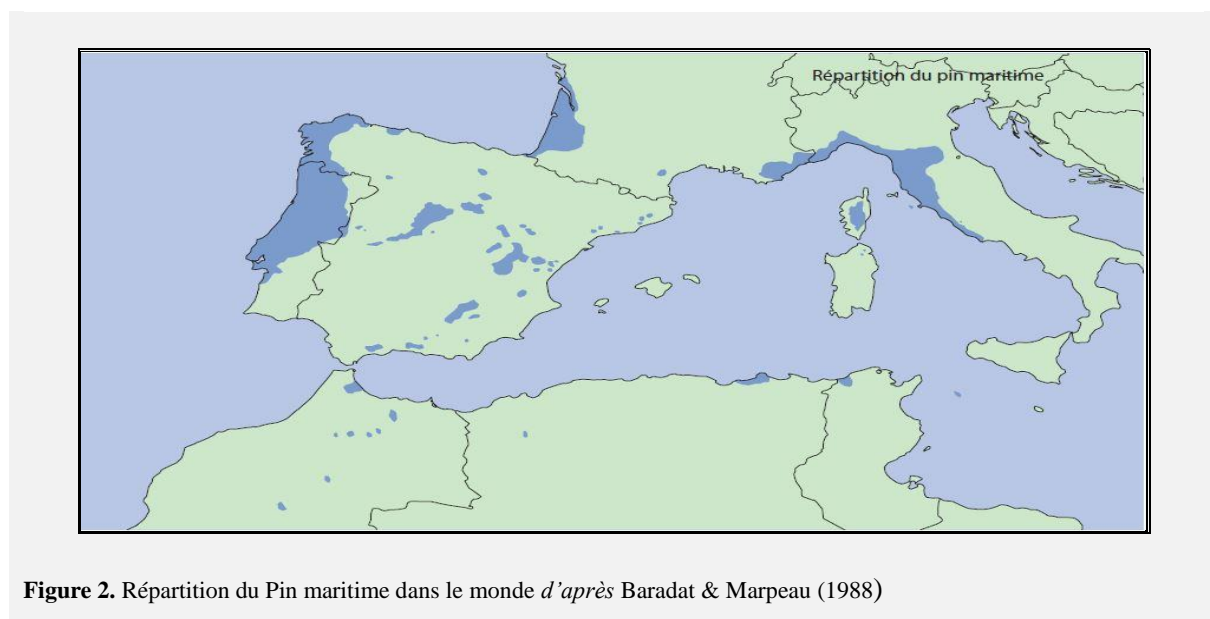
Le Pin maritime se limite à l'Afrique du Nord. Il occupe une superficie de 28 000 ha dont 14 000 ha au Maroc, 12 000 ha en Algérie et 2 000 ha en Tunisie (Boudy 1950). L'aire de répartition du pin maritime (Fig. 2) était autrefois très étendue en Algérie et au Maroc, mais suite à une évolution post quaternaire du climat vers l'aridité, elle a été envahie en grande partie par le thuya et le Pin d'Alep (Destremau 1974). En effet, sa répartition est disjointe et se présente comme suit :

- Littoral Algéro- Tunisien de Bougie à Tabarka, le Pin maritime forme des peuplements soit à l'état pur soit le plus souvent en mélange avec le Chêne liège. En Tunisie, son aire de répartition est restreinte et ne dépasse pas 750 m d'altitude (Sauvage 1980),

- Au Maroc, le Pin maritime constitue des peuplements de montagnes d'une part dans le Rif, d'autre part dans le moyen Atlas, entre 1000 et 2000 m d'altitude, au sud de Taza et de Sefrou.

- En Tunisie, le Pin maritime occupe 5000 ha, environ, 2000 ha à l'état pur et le reste en mélange avec le Chêne-liège, ses formations sont localisées strictement entre la plaine de Tabarka et la frontière algérienne avec une limite méridionale plutôt écologique (altitude de 500 m environ). Elles colonisent surtout des sols lessivés gréseux et des sols superficiels et fuient l'hydromorphie superficielle.

La valeur climatique de cette essence est contestée par certains auteurs qui le rélargissent au rang d'espèce substitution de chêne liège surtout après incendie (Debzac 1959), alors que lui reconnaissant d'au moins une valeur pragmatique et des groupements similaires à ceux de chêne liège (Schönenberger 1970).



Le pin maritime au niveau mondial couvre environ une surface de 4,4 millions d'Ha ce qui représente 1/1000<sup>ème</sup> de la forêt mondiale (Rauscent 1999).

## 2.2. Méthode d'investigation

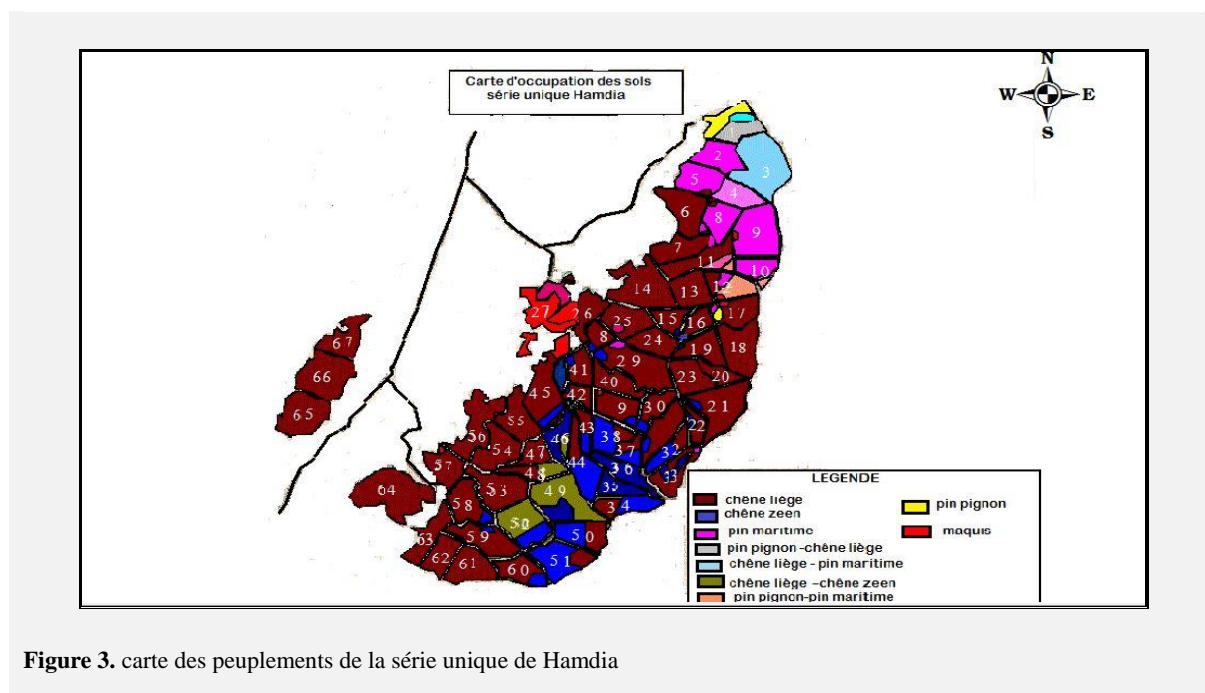
### 2.2.1. Choix et localisation de la série forestière

Conscient, de l'absence de politique d'aménagement de la forêt depuis 1995 et des actions anthropiques importantes ainsi l'âge supérieur à 50 ans des peuplements résineux, nous avons choisi la série unique de Hamdia pour mener l'étude de ces peuplements afin de proposer une sylviculture adoptée et un aménagement concerté qui prend en considération la protection, la production ligneuse et de liège et la participation de la population qui y réside dans le développement de cette zone et alléger la pression manifestée par l'action anthropique sur cette forêt.

### 2.2.2. Cartographie

La cartographie constitue un des moyens privilégiés pour l'analyse et la communication en géographie. Elle sert à mieux comprendre l'espace, les territoires et les paysages. Elle est aussi utilisée dans des sciences connexes, démographie, économie dans le but de proposer une lecture spatialisée des phénomènes. Le travail du cartographe est un travail de sélection des informations, composé de plusieurs étapes.

Dans cette étude (Fig. 3), nous avons procédé à l'actualisation de la carte forestière de la série unique de Hamdia à l'aide du logiciel Arc gis 9.2.



### 2.2.3. Echantillonnage

#### 2.2.3.1. Choix de la méthode d'échantillonnage

Pour éviter l'échantillonnage hasardeux et faciliter les opérations de contrôle, pour l'étude d'accroissement des peuplements de Pin maritime à l'échelle de la zone d'étude, nous avons opté pour l'échantillonnage systématique.

#### 2.2.3.2. Placettes nécessaires à l'étude

Après le pré-échantillonnage effectué dans la série (Tableau 1) à raison de 30 placettes (20 dans les peuplements purs et 10 dans les peuplements mélangés), le nombre de placettes nécessaire à assoir au niveau de toute la série (Tableau 1), a été déterminé après avoir mené l'étude statistique suivante :

**Tableau 1.** Nombre et distance entre placettes à assoir

	Formule	Valeur
Densité moyenne	$D = \frac{1}{n} \sum ni * xi$	962
Variance	$V(x) = \frac{1}{n} \sum ni(xi - D)^2$	297364
Ecart type « $\sigma$ »	$\nabla(x) = \sqrt{v(x)}$	545,31
Coefficient de variation « C.V »	$C.V(\%) = \frac{\nabla}{D} * 100$	56%
Nombre de placettes (avec une erreur « e » de 10%)	$n = (t * \frac{C.V}{e})^2$	120
Distance entre placettes successives	$D = \frac{\sqrt{S * 10000}}{\sqrt{n}}$	180 m

## 2.2.4. Forme et surface des placettes

### 2.2.4.1. Forme

Nous pouvons évidemment choisir toute sorte de périmètres, mais le plus fréquemment utilisé, pour des raisons pratiques de plus grande facilité d'implantation, est la forme carrée puisque les peuplements où on travaille sont des reboisements artificiels. La forme carrée est la plus souvent adoptée et la meilleure dans les reboisements artificiels car elle est la plus objective pour contenir une surface donnée d'où un minimum d'arbres limites.

### 2.2.4.2. Surface des placettes

Il est conseillé, un peu arbitrairement, de choisir une surface telle que les placettes, sans vide anormal, contiennent au moins 10 à 12 arbres en moyenne. Le respect de cette règle empirique permet d'ailleurs d'avoir, autour de chaque point échantillon, une estimation assez bien régularisée pour qu'on puisse lui accorder une bonne signification, et donc obtenir une image valable de la variation spatiale de la grandeur étudiée, si le dispositif d'inventaire est systématique. En taillis sous-futaie, en futaie âgée, ou si la densité est faible, on prendra 10 ares par placettes. En futaie pleine, d'âge moyen, en futaie jardinée, 5 ares suffiront. En plantation équiennne et homogène, cette surface variera de 2 à 5 ares. Compte tenu de ces recommandations, la dimension de chaque placette à assoir dans les peuplements à Pin maritime, fût uniformément de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m).

### 2.2.5. Matérialisation des placettes

Concernant le choix du dispositif d'inventaire, c'est-à-dire la façon de déterminer les points où seront faites les mesures, nous avons adopté un dispositif systématique à mailles carrées dont ses côtés représentent la distance entre deux placettes consécutives.

### 2.2.6. Paramètres étudiés

Menu de fiches préalablement préparées et de matériel nécessaire, on a recherché sur le terrain à l'aide de GPS les coordonnées et l'emplacement des placettes tel que fixées sur carte.

L'inventaire dans chaque placette est réalisé d'une façon exhaustive de manière à toucher tous les arbres dans toute la placette. Pour chaque arbre, nous avons prélevé le diamètre à 1,30 m, la hauteur totale et la lecture des cernes au niveau de chaque arbre de diamètre moyen par classe.

Au moyen des paramètres sus-mentionnés, nous avons déterminé les grandeurs moyennes suivantes pour chaque placette :

- Le diamètre moyen D (cm)
- La hauteur moyenne (cm)
- La surface terrière moyenne.
- Le calcul de volume
- L'accroissement moyen annuel en volume
- Le stade de développement

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Caractéristiques dendrométriques des peuplements

Les peuplements de Pin maritime (Tab. 2) sous forme de haut perchis fermé pur, passant vers la jeune futaie, ou en mélange soit avec le Chêne-liège soit avec le Pin pignon occupent 393 ha répartis comme suit :

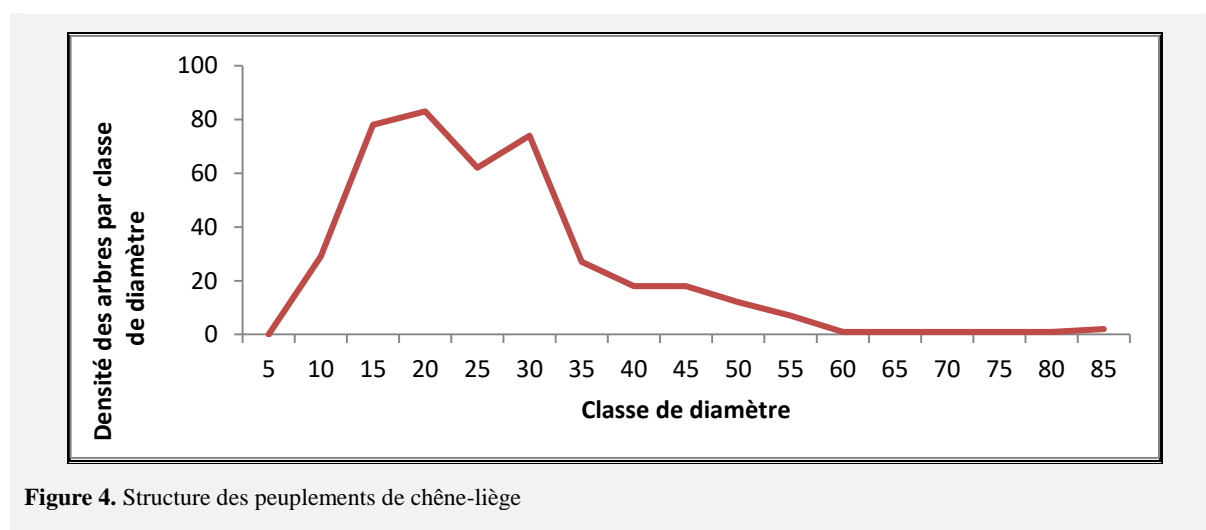
- ✓ Haut perchis pur et fermé sur 268 ha
- ✓ Haut perchis ouvert en mélange avec le Chêne-liège sur 102 ha
- ✓ Haut perchis clair en mélange avec le Pin pignon sur 23 ha

**Tableau 2.** Densité des différents peuplements de Pin maritime par classe de diamètre

Classe de diamètre	Peuplement pur de Pin M	Peuplement mélangé avec le Ch.L		Peuplement en mélange avec le Pin pignon	
		Pin maritime	Ch. L	Pin maritime	Pin pignon
5					
10	2	15	62		
15	92	59	74	2	2
20	440	248	27	37	70
25	341	208	18	58	44
30	172	123	18	19	62
35	72	36	12	11	43
40	32	19	0	51	66
45	3	1	1		8
50	1	2	1		
55			1		
60			1		
65			1		
70			2		
75					
80					
85					
Densité Moy/ha	1155	711	218	178	295
Diamètre moyen (cm)	22.87	23.83 cm	27.44	26.75	25.13 cm
Surface Terrière m <sup>2</sup> /ha	55.88	27.28	23.1	14.39	16.16
Hauteur moyenne (m)	10.09	9.62		10.14	

#### ❖ Les peuplements de Chêne-liège

Ces peuplements sous forme de bouquets plus ou moins étendus, se présentent sous forme de haut perchis fermé et ou de jeune futaie, en mélange avec le Pin maritime s'étend sur 102 ha. La structure (Fig. 4) et les caractéristiques dendrométriques des peuplements sont données par la figure 4.



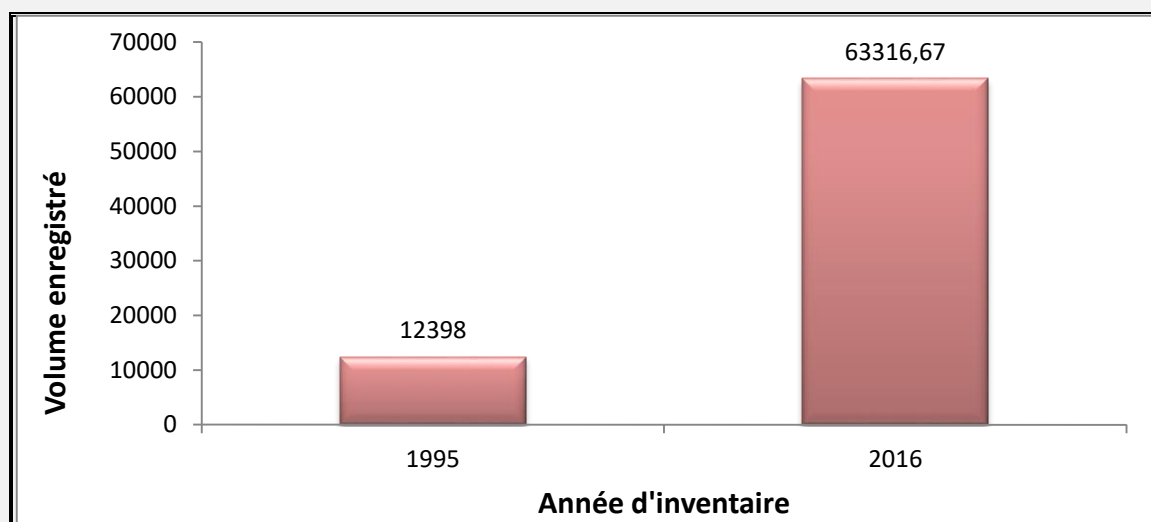
**Figure 4.** Structure des peuplements de chêne-liège

### 3.2. Production de bois du peuplement de Pin maritime

Entre le premier inventaire effectué en 1995 et celui de 2016 (21 ans), le volume bois des peuplements de Pin maritime pur ou en mélange avec d'autres espèces (Tabx. 3 et 4), les accroissements moyens en volume et les diamètres sont passés de presque de 2 à 4 fois (Figs.5 et 6). Cette nette différence de valeur est expliquée par le passage des arbres du stade de gaulis ou perchis au stade de futaie, selon les types de peuplements, malgré l'absence totale des opérations sylvicoles dans ces peuplements.

**Tableau 3.** Volume sur pied et accroissements moyens annuels sur volume et sur diamètre de Pin maritime entre 1995 et 2016

Type de peuplement	Volume sur pied /ha en 1995	Volume sur pied /ha en 2016	Accroissement moyen annuel en volume (m <sup>3</sup> /an)	Diamètre moyen en 1995	Diamètre moyen en 2016	Accroissement moyen annuel sur le diamètre
Pur	32.5 m <sup>3</sup>	184.27 m <sup>3</sup>	7.22	13.86	22.87	0.429
En mélange avec le Chêne-liège	33 m <sup>3</sup>	123.01 m <sup>3</sup>	4.28	11.1	23.83	0.606
En mélange avec le Pin pignon	14 m <sup>3</sup>	60.23 m <sup>3</sup>	2.2	14.8	26.75	0.569



**Figure 6.** Volume du peuplement de Pin maritime de 1965, 1995 et 2016

**Tableau 4.** Données de densité et volume des arbres de Pin maritime en 1965, 1995 et 2016

Type de peuplement	Nombre d'arbre en 1965	Nombre d'arbres et volumes en 1995		Nombre d'arbres et volumes en 2016	
		Nombre d'arbres N	Volume des arbres V	Nombre d'arbres N'	Volume des arbres V'
Pin maritime pur (268 ha)	670000 arbres	181704 arbres	8710 m <sup>3</sup>	310076 Arbres	49384 ,36 m <sup>3</sup>
Pin maritime en mélange avec le Chêne liège (102 ha)	255000 arbres	72420 arbres	3366 m <sup>3</sup>	71298 arbres	12547,02m <sup>3</sup>
Pin maritime en mélange avec le Pin pignon (23 ha)	57500 arbres	5750 arbres	322 m <sup>3</sup>	5060 arbres	1385,29 m <sup>3</sup>
<b>Total (393 ha)</b>	<b>982500 arbres</b>	<b>259874 arbres</b>	<b>12398 m<sup>3</sup></b>	<b>386434 arbres</b>	<b>63316,67 m<sup>3</sup></b>



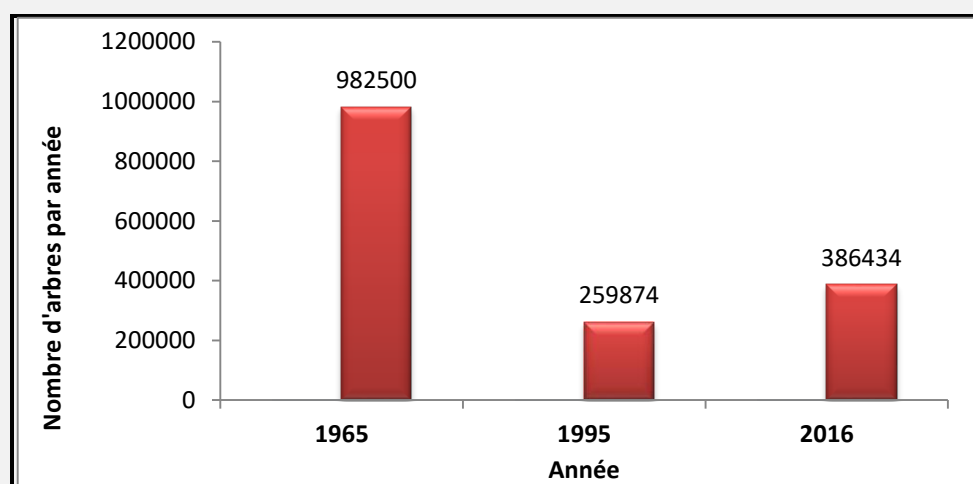


Figure 5. Nombre des arbres de Pin maritime de 1965, 1995 et 2016

### 3.3. Tarif de cubage

#### 3.3.1. Définition

Un tarif de cubage est un tableau chiffré, un graphique ou une formule qui donne une estimation du volume d'un arbre ou d'un ensemble d'arbres en fonction de diverses variables représentant les entrées du tarif (Cailliez 1980).

Ces entrées facilement mesurables sont des caractéristiques soit de l'arbre (circonférence, hauteur totale ou hauteur du bois fort) soit du peuplement (surface terrière par hectare, hauteur moyenne ou dominante).

#### 3.3.2. Taille et choix des arbres échantillons

La taille et la structure de l'échantillon conditionnent dans une large mesure la précision et la fiabilité des tarifs. De même l'échantillon doit être représentatif de la population à laquelle ce tarif sera appliqué (M'Hirit 1982). En général, plus l'échantillon est grand, meilleur est la précision du tarif.

D'après Schmith et Schneider (1959) cités par Belghazi (1990), le nombre d'arbres minimum est de 200 tiges pour la construction d'un tarif régional par la méthode des moindres carrés. Pour un peuplement homogène et mono-spécifique Cailliez (1980) admet entre 50 et 100 tiges pour un tarif à une entrée et entre 80 et 150 arbres pour un tarif à double entrées. Rondeux (1973) estime que la taille de l'échantillon doit atteindre au minimum 30 à 50 arbres pour les tarifs locaux.

Au niveau de la gestion forestière, les tarifs de cubage servent surtout pour la détermination de la possibilité annuelle dans l'estimation des coupes sur pied (M'hirit 1981) ou bien dans la recherche forestière pour l'élaboration des modèles de sylviculture ou encore pour la construction des tables de production.

Plusieurs types de tarifs sont rapportés dans la littérature forestière (Pardé et Bouchon 1988; Rondeux 1993). On s'intéresse seulement aux tarifs à une entrée [ $v = f(d)$ ] qui donnent le volume moyen ( $v$ ) d'un arbre qui nécessite la mesure d'un seul paramètre, la circonférence ( $c$ ) ou le diamètre à 1,30 m ( $d$ ). Ces types de tarifs peu précis sont d'une utilisation plus restreinte et localisée, car ils supposent que pour une essence donnée, le rapport hauteur – diamètre est constant. Ils sont utilisés généralement comme tarifs d'aménagement pour le cubage des peuplements homogènes et le calcul de possibilité.

Pour la zone d'étude et pour des raisons techniques qui nous assignent à passer par la méthode destructive des arbres pour construire un tarif, nous nous sommes contents d'adopter le même tarif construit par Mr. Aloui (Tableau 5) dans la même série lors de la révision du P.V d'aménagement en 1995.

**Tableau 5.** Tarifs de cubage de Pin maritime et du bois de Chêne-liège

Pin maritime ( $Y (m^3) = 0.001 X^{1.571}$ )		Chêne-liège ( $Y = 0.0092 X^{1.3634}$ )	
Classe de diamètre	Volume en m <sup>3</sup>	Classe de diamètre	Volume en m <sup>3</sup>
5	0.0125		
10	0.0372	10	0.212
15	0.0704	15	0.369
20	0.110	20	0.546
25	0.1571	25	0.740
30	0.209	30	0.940
35	0.266	35	1.172
40	0.328	40	1.406
45	0.395	45	1.651
50	0.466	50	1.909
55	0.542	55	2.170
60	0.621	60	2.444
		65	2.725
		70	3.015
		75	3.313
		80	3.617
		85	3.929
		90	4.248

### 3.4. Proposition d'une conduite sylvicole pour les peuplements de la série forestière de Hamdia

#### 3.4.1. Le Pin maritime

##### 3.4.1.1. Elagages

###### 3.4.1.1.1. Buts des élagages

En plus de son but pratique, l'élitage a un but économique puisqu'il concerne en priorité les essences pour lesquelles cette opération combinée avec d'autres, notamment les éclaircies, est susceptible de provoquer une augmentation importante du prix du bois. Ainsi, l'élitage artificiel permet d'obtenir du bois sans nœuds, améliore la cylindricité des fûts, diminue la proportion du bois juvénile et diminue les risques de pourriture provoquée par les branches à élitage naturel tardif au niveau des gros nœuds.

###### 3.4.1.1.2. Types d'élagages

On distingue deux types d'élitage artificiel à savoir : l'élitage de pénétration et l'élitage de formation (Alaoui et al.2011). L'élitage de pénétration consiste à supprimer systématiquement toutes les branches basses, jusqu'à une hauteur égale au tiers de la hauteur totale. Cette opération améliore considérablement la qualité du bois et facilite grandement la circulation à l'intérieur des jeunes peuplements. L'élitage de formation, malgré son caractère onéreux, permet la production du bois de qualité. Il porte généralement sur les arbres d'avenir.

###### 3.4.1.1.3. Date de début et périodicité des élagages

Pour que la cicatrisation des plaies d'élitage soit rapide et pour avoir des sujets sans nœuds ou avec des nœuds encore petits (Tableau 6), qui disparaissent avec l'âge, il est très recommandé de faire des élagages à un moment où les branches ont un diamètre inférieur à 3 cm. Cette mesure est obtenue selon les essences, à un âge de 3 à 6 ans. Par la suite, l'opération est répétée tous les 5 à 10 ans, tant que le peuplement est en croissance et les branches fines apparaissent.

###### 3.4.1.1.4. Peuplements à élaguer

Les élagages doivent être réservés à des peuplements capables de rentabiliser un tel investissement. Ce sont des peuplements vigoureux, susceptibles de produire du bois de qualité. Au sein de ce peuplement, le premier élitage concerne l'ensemble des arbres. Les élagages suivant doivent se limiter aux tiges les plus prometteuses, susceptibles de devenir des arbres d'avenir et de produire du bois d'œuvre de valeur. Pour cette raison, il est logique de faire coïncider les opérations d'élitage avec les éclaircies. Pour les peuplements étudiés, on pourra préconiser l'élitage à partir du stade de perchis, là où l'arbre commence à s'individualiser et prendre de l'importance et que les produits d'élitage auront de la valeur commerciale.

**Tableau 6.** Périodicité et norme d'élagages pour le Pin maritime en reboisement

Elagage	Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Hauteur totale (m)	Hauteur d'élagage (m)
1 <sup>er</sup> élagage	5	1150	2,5	0,8
2 <sup>ème</sup> élagage	10	930	5,7	1,9
3 <sup>ème</sup> élagage	15	700	8,1	2,7
4 <sup>ème</sup> élagage	20	550	9,7	3,2
5 <sup>ème</sup> élagage	25	550	10,7	3,6

### 3.4.2. Les peuplements mélangés (Pin maritime, Chêne-liège et Pin pignon)

#### 3.4.2.1. Eclaircies

Les éclaircies sont des opérations d'amélioration, réalisées dans le peuplement en croissance qui n'a pas encore atteint l'âge et la dimension d'exploitabilité. Elles consistent à enlever dans une coupe, les sujets surabondants pour favoriser les meilleurs restants.

La fréquence des éclaircies et sur les grosseurs à atteindre pour le déclenchement des coupes finales (Najar 2009) :

- de nombreux peuplements sont à des densités très faibles, vraisemblablement le résultat d'un échec du reboisement ou d'une absence de gestion,
- pour les autres, la fréquence des éclaircies est bien supérieure à cinq ans même lorsque le niveau de concurrence entre arbres est important,
- des coupes rases sont pratiquées alors que le volume unitaire moyen des pins est faible. On peut avancer deux explications à cela : des changements dans l'usage du sol de plus en plus perceptibles et d'autre part, l'anticipation pour remplacer des peuplements peu productifs par une nouvelle génération plus prometteuse.

##### 3.4.2.1.1. Buts des éclaircies

Au début de la période des éclaircies, le gaulis ou le bas-perchis compte de nombreuses tiges à l'hectare, alors que ce même peuplement, arrivé à maturité, n'en comptera plus qu'une à deux centaines. Cette énorme réduction de la densité s'obtient en partie, soit par le jeu de la sélection naturelle, soit guidée par l'homme qui tente de favoriser les tiges les plus belles et les plus intéressantes. En agissant sur la composition et sur la consistance du peuplement, les éclaircies arrivent à rétablir le dosage des essences, régler la production en quantité et maintenir le sol en bon état en gardant une proportion suffisante du sous étage (Chantre et al. 2003). Outre son caractère cultural prépondérant, l'éclaircie fournit des produits marchands, et a alors un caractère économique.

##### 3.4.2.1.2. Date de début et périodicité des éclaircies

Les éclaircies débutent au stade de gaulis ou de bas perchis et se poursuivent jusqu'à la veille de la coupe de régénération. La même parcelle est parcourue par plusieurs coupes d'éclaircies successives (Tableau 7) et la rotation se définit comme le nombre d'années qui séparent deux coupes d'éclaircie successives sur la même parcelle. Ainsi, la rotation peut être définie de plusieurs manières. On distingue ainsi :

- la rotation fixe qui peut être appliquée, de 5 à 10 ans. Elle est d'application facile mais ne suit pas mieux la croissance du peuplement ;
- la rotation mobile peut être déterminée par le crû de la hauteur dominante (2 à 3 m), ou lorsque celle-ci aurait gagné 10 % sur sa valeur par rapport à l'éclaircie précédente. Ces éclaircies, qui tiennent compte de l'évolution des peuplements, sont dans la pratique difficile à adopter. Pour Boudy (1952), la rotation dépend des essences et de la station. Elle doit être d'autant plus courte que le sol est meilleur, que les essences réclament de la lumière. Elle varie, en général, de 6 à 15 ans.

Pour faciliter la gestion des peuplements étudiés, nous proposons des éclaircies à rotation fixe.

**Tableau 7.** Norme d'éclaircie du Pin maritime de montagne en reboisements

Eclaircie	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)		Circonf. (*) moyenne	Utilisations
			Densité initiale	Nbre d'arbres à prélever		
1 <sup>ère</sup> éclaircie	10	5,7	1150	277	21	Perches
2 <sup>ème</sup> éclaircie	20	9,7	700	184	42	Bois de mine
3 <sup>ème</sup> éclaircie	30	11,2	550	123	63	Bois d'industrie
Coupe finale	40	11,8	300	246	84	Bois d'œuvre

(\*)Circonférence

### 3.4.2.1.3. Intensité des éclaircies

En règle générale, les coupes éclaircies sont plus sombre pour les essences d'ombre et intenses pour les essences de lumière. De plus, les éclaircies peuvent être plus fréquentes et plus fortes dans des peuplements jeunes ou à très haute production que dans des peuplements âgés ou à faible production (les arbres jeunes referment plus vite leur couvert que les arbres âgés).

### 3.4.2.1.4. Types des éclaircies

On peut très schématiquement, distinguer deux types d'éclaircies :

1- éclaircies systématiques : applicables pour les peuplements de structure horizontale régulière (c'est le cas des reboisements) et consistent à enlever tous les arbres d'une même ligne,

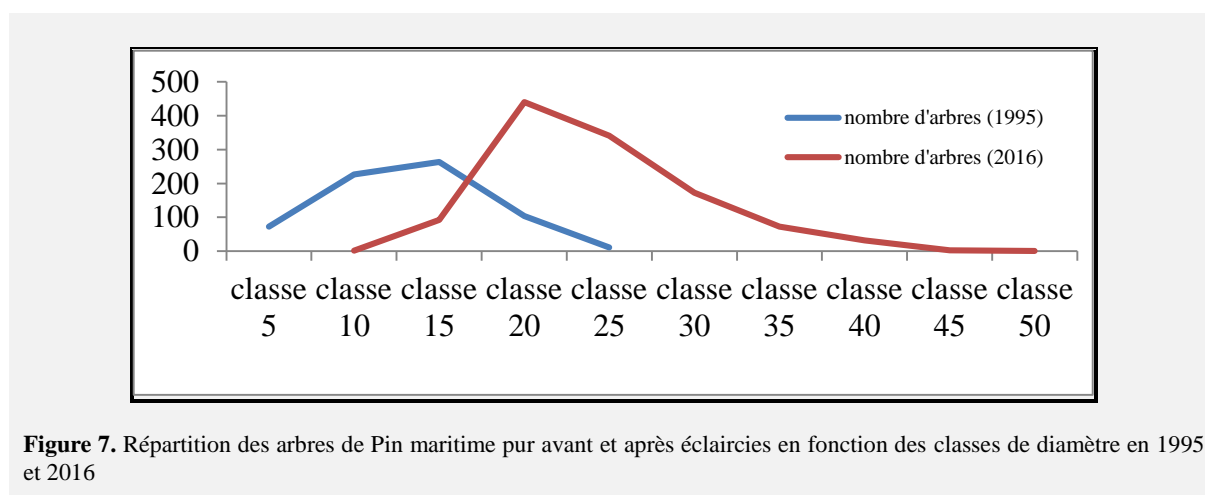
2- éclaircies sélectives : consiste à travailler durant la vie du peuplement au profit presque exclusif des arbres d'avenir, en favorisant leur croissance et en supprimant tous les sujets sans valeur, encombrants, mal conformés ou dépérissants.

Au stade haut perchis actuel les peuplements de pin sont classés en haut perchis fermés, ouverts et clairs de densité respective supérieure à 1000/ha, comprise entre 500 et 1000 et inférieure à 500/ha.

Les peuplements seront parcourus par 2 coupes d'éclaircie à intervalle de 10 ans, les peuplements clairs ne seront pas épargnés, les peuplements ouverts seront légèrement touchés et les peuplements fermés seront diminués de moitié de leurs effectifs sur pied en 2 coupes d'éclaircie.

### 3.4.2.2. Répartitions des peuplements avant et après éclaircies

#### 3.4.2.2.1. Peuplements purs de Pin maritime



**Figure 7.** Répartition des arbres de Pin maritime pur avant et après éclaircies en fonction des classes de diamètre en 1995 et 2016

La figure 7 ci-dessus présente le passage du Pin maritime du stade bas perchis au stade haut perchis tout en gardant la même allure au niveau des courbes de répartition. La structure régulière du bas perchis en 1995 a conservé sa régularité au stade du haut perchis en 2016 (transition régulière).

La conduite sylvicole (Fig. 8) à prendre au niveau des peuplements du Pin maritime pur se résume comme suit :

- éclaircie modérée par l'élimination de 40% du peuplement dans le bas perchis (classe 10 à la classe 20) : Une coupe d'amélioration au niveau du bas perchis en vue d'alléger la densité des arbres et aider par suite les arbres à prendre surtout de la grosseur en diamètre et en hauteur.
- Eclaircie faible par l'élimination de 20% du peuplement dans le haut perchis et jeune futaie (classe 20 à la classe 40) : une coupe de préparation au niveau des arbres atteignant le stade de jeune futaie : l'intervention intéresse les arbres gênants et mal conformés.
- Une coupe de régénération ; coupe définitive de tous les arbres de diamètre supérieur à 40 cm (36 arbres /ha).

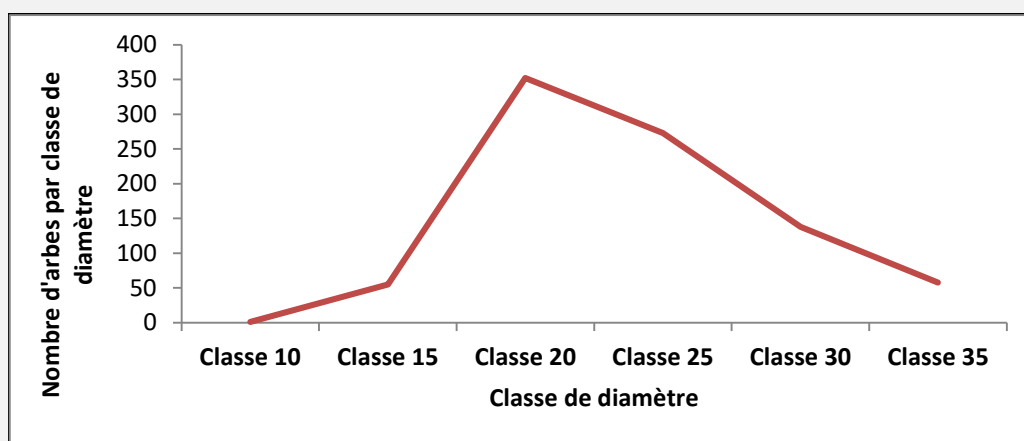


Figure 8. Structure des arbres après éclaircie pour le Pin maritime pur

Le passage du Pin maritime du stade bas perchis au stade haut perchis tout en gardant la même allure (figures 9 et 10) est marqué dans cette série forestière.

Pour le Chêne-liège, on remarque qu'il y a une transition des classes inférieures vers les classes supérieures avec une progression de point de vue effectif issue de la régénération.

Dans ce peuplement où le Pin maritime est en mélange avec le Chêne-liège, l'intérêt de la conduite sylvicole c'est de favoriser le Chêne-liège au dépend du Pin maritime, c'est-à-dire là où le Chêne-liège est mélangé pied par pied avec le pin maritime on enlève le Pin maritime.

Là où le Chêne-liège est mélangé par bouquet ou par parquet on applique la même technique envisagée pour le Pin maritime pur et pour le Chêne-liège, on enlève les arbres sur-cîmés et les arbres dépérissants.

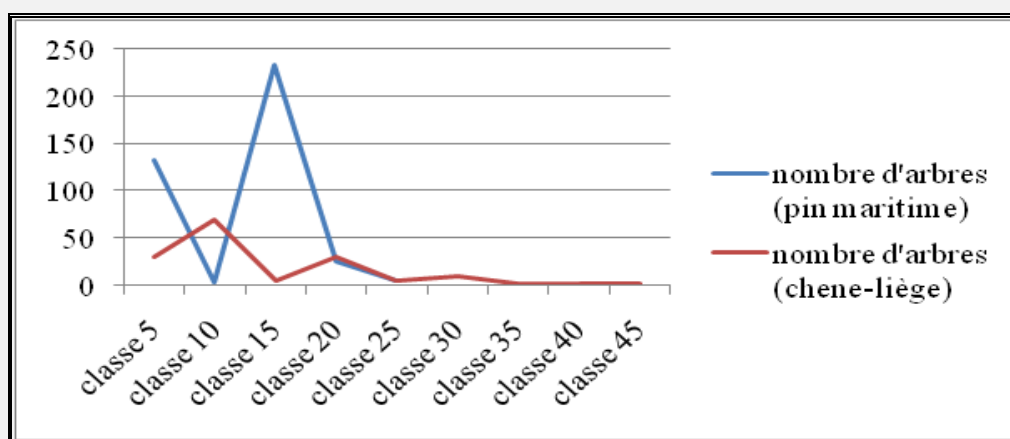
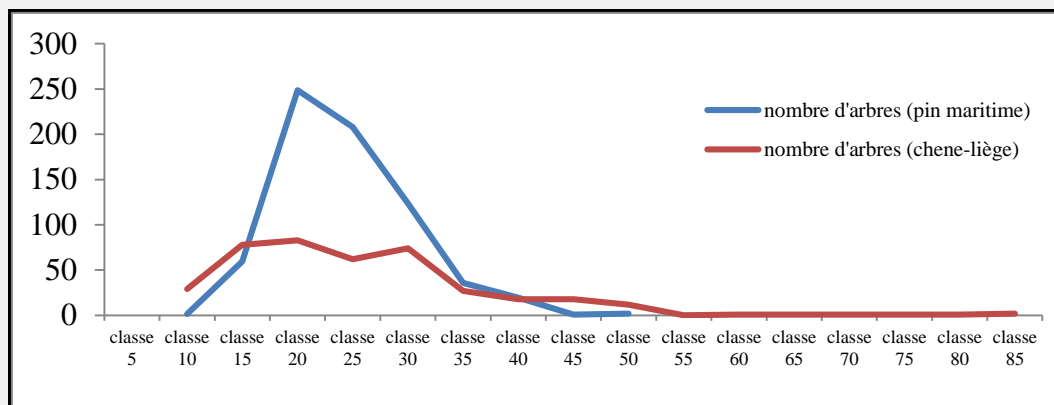


Figure 9. Répartition des arbres de Pin maritime-Chêne liège en fonction des classes de diamètre en 1995

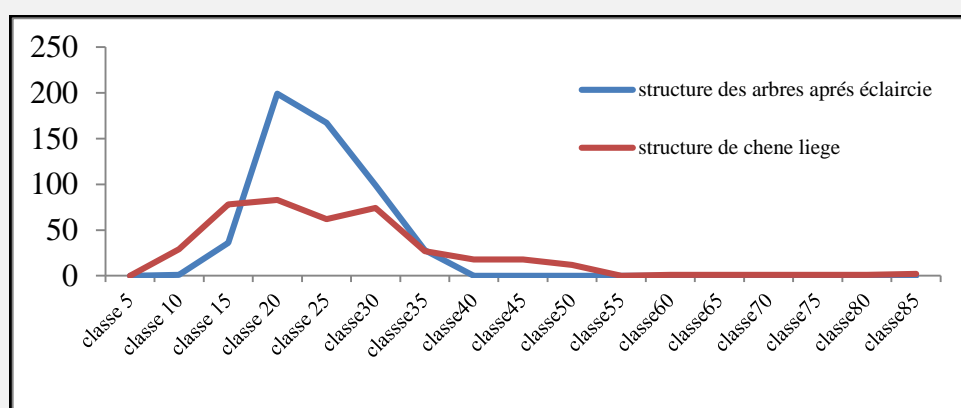


**Figure 10.** Répartition des arbres de Pin maritime-Chêne liège en fonction des classes de diamètre en 2016

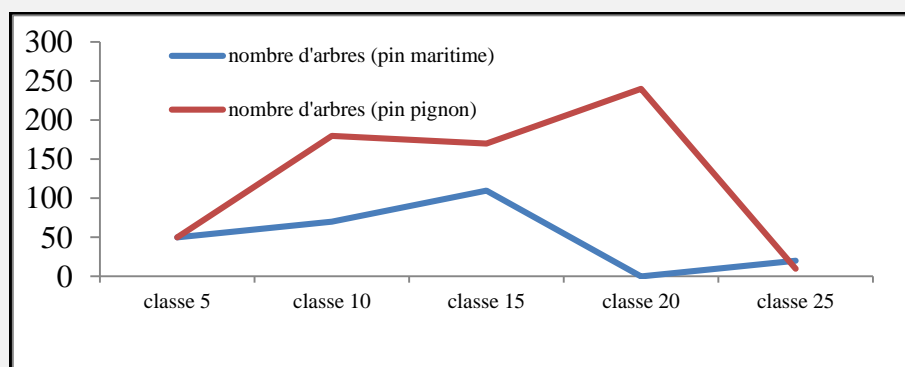
Dans les peuplements de Pin maritime mélangés avec du Pin pignon ou du Chêne-liège, des coupes excessives d'amélioration au cours de la période s'étalant entre 1995 et 2016 ont été réalisées (Figs.11, 12 et 13) et nous avons remarqué :

- La densité moyenne/ha pour le Pin maritime en 1995 est de 650 arbres alors qu'en 2016 elle est seulement de 220 arbres.
- La densité moyenne/ha pour le Pin pignon en 1995 est de 650 arbres alors qu'en 2016 est seulement de 295 arbres.

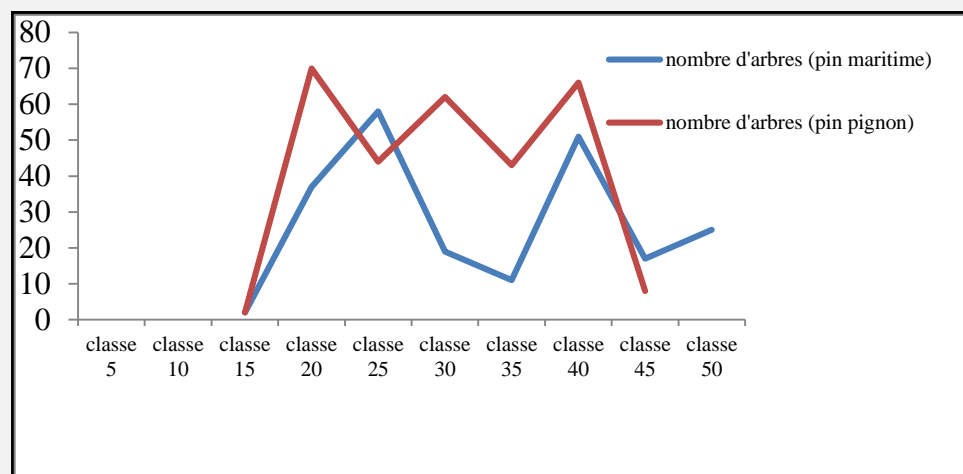
Une intervention légère au niveau des arbres gênants, surcimés et les arbres qui dépassent 40 cm de diamètre.



**Figure 11.** Structure des arbres après éclaircie pour le Pin maritime en mélange avec le Chêne-liège



**Figure 12.** Répartition des arbres de Pin maritime - Pin pignon en fonction des classes de diamètre en 1995



**Figure 13.** Répartition des arbres de Pin maritime-Pin pignon en fonction des classes de diamètre en 2016

#### 3.4.2.2.2. Coupe rase

L'âge et la dimension d'exploitation sont fonction des qualités des stations et des objectifs économiques du sylviculteur.

Ce modèle de sylviculture doit permettre la récolte d'arbres d'environ 1,2 m<sup>3</sup> entre 35 et 50 ans, avec une densité finale d'environ 300 tiges/ha en lande de bonne fertilité ou 250 tiges/ha en lande sèche.

#### 3.4.2.2.3. Sylviculture préventive contre les feux

Le combat contre les feux de forêt modérés se satisfait généralement des équipements forestiers classiques (pistes ou voies de circulation routières, bandes débroussaillées, points d'eau). Mais ces équipements se révèlent insuffisants en cas de grands feux fortement attisés par un vent fort. Pour combattre ces grands feux, il faut pouvoir disposer d'espaces verts (coupures agricoles, cultivées ou pâturées) ou de lignes de combat préparées à l'avance.

Les feuillus seront élagués à ras du tronc, les résineux, à cause du risque de perte de résine, seront élagués à 10 ou 20 cm du tronc. L'entretien du sous-bois avec des engins mécaniques ou par brûlage dirigé est rendu plus aisé dans un peuplement bien élagué.

Lors du reboisement, on recherchera davantage une opposition entre un couvert dense et un couvert clair plutôt qu'une opposition feuillus/résineux au prétexte que les résineux sont réputés plus inflammables que les feuillus.

La combustibilité d'un peuplement dépendait beaucoup de la densité du couvert. Un couvert dense diminue l'inflammabilité et la combustibilité en agissant sur deux facteurs : le microclimat et la structure de la végétation.

#### 3.4.2.2.4. Sylviculture de régénération

Immédiatement après un incendie, les sols, sans couverture végétale, risquent d'être soumis à des phénomènes d'érosion importants qui pourraient les rendre inaptes au reboisement. La première priorité est donc de faire en sorte que les sols ne souffrent pas trop aux premières pluies, surtout si la couverture herbacée n'a pas eu le temps de se réinstaller. La manière la plus efficace de protéger les sols, surtout en pente, c'est la réalisation des fascines, sur place, avec des végétaux brûlés.

La deuxième priorité est d'ordre sanitaire. En effet, le passage du feu n'affecte généralement que les plus petits rameaux. Certaines espèces d'arbres, bien protégées par une écorce épaisse, survivront. La tâche des forestiers, dans un premier temps, est de vérifier les atteintes du feu aux assises cambiales du tronc et des grosses branches. Si celles-ci sont gravement atteintes, il vaut mieux recéper les feuillus qui rejettent de souche ou bien de procéder, si l'assise est atteinte sur certaines parties seulement, à la taille curative des parties atteintes. Pour les résineux qui ne rejettent pas de souche, il faudra les abattre. Sur le long terme, les arbres touchés par le feu sont en souffrance et comme tous les malades, leurs potentialités de défenses sont affaiblies. Le risque phytosanitaire devient prépondérant. Les arbres, victimes des insectes xylophages (Scolytidae, Platypodidae, Cerambycidae, etc.) ou des champignons, doivent être particulièrement surveillés. Ces arbres malades peuvent devenir des foyers d'épidémies

susceptibles de s'étendre aux arbres sains des zones avoisinantes. Bien entendu, il faudra reboiser. Le réensemencement naturel a des limites et surtout il a peu de chances d'offrir spontanément la dualité, couvert dense - couvert clair, recherchée. En outre, l'utilisation d'essences peu inflammables, judicieusement réparties, peut procéder à une politique de prévention des incendies de forêt et de développement durable remarquable.

### **3.4.3. Le Chêne-liège**

Les peuplements de Chêne-liège qui s'étalent sur 102 ha dans les plantations de Pin maritime sont groupés en bouquets éparpillés partout dans la série. On pourra préconiser des opérations sylvicoles aux arbres de Chêne-liège de telle façon à éliminer la concurrence manifestée par les arbres de Pin maritime par les soins culturaux. On éliminera les arbres surcimés, mal conformés, de petite taille et qui n'ont pas d'avenir. A long terme, il est conseillé de ne laisser que les peuplements de Chêne-liège et éliminer les résineux, but recherché par les forestiers pour la production du liège.

La récolte de liège pourra donner lieu à quelques quintaux de liège étant donné que certains arbres portent encore du liège mâle sans démasclage. Il faudra programmer immédiatement cette opération et faire une révolution sur 10 ans seulement puisque la station est fertile.

### **3.4.4. Le Pin pignon**

La sylviculture assignée aux peuplements de Pin pignon est de les conduire en futaie régulière pour la production de fruits et de bois. On travaillera sur la structure régulière de la futaie par élimination des arbres des classes 5, 10, 15 de diamètre et des arbres de plus gros diamètres et qui sont au terme d'exploitabilité.

## **4. Conclusion**

Concrètement, les forestiers interviennent sur les peuplements d'arbres de manière additive, en plantant ou en stimulant la régénération naturelle, et de manière soustractive, en récoltant le bois ou les autres produits, également en réduisant de manière sélective une partie de la végétation pour concentrer le développement des arbres et des divers végétaux qui sont maintenus.

Ainsi, la sylviculture a évolué, passant de quelques types de coupes et traitements de régénération à une panoplie de traitements souvent plus mécanisés ayant des objectifs de composition et de structure des peuplements forestiers visant à répondre aux objectifs de l'aménagement forestier.

La sylviculture est dite « durable » (gestion durable de la forêt), quand le sylviculteur s'assure que le capital forestier est acquis et optimisé, et qu'il peut être maintenu pour les générations futures, pour en retirer durablement des bienfaits ou des produits comme le bois, sans en dégrader le capital. Ceci nécessite la prise en compte appropriée des facteurs écologiques et abiotiques, à savoir les qualités naturelles du site (stations forestières, éco-potentialité...). Le concept actuel de « gestion durable des forêts » insiste non seulement sur la nécessité de ne pas surexploiter le milieu afin qu'il ne perde pas son potentiel, mais aussi sur l'importance de préserver, voire restaurer le cas échéant sa capacité de résilience écologique, face par exemple aux changements climatiques, aux risques de maladies des arbres, d'incendies, tempêtes, etc. Ces modes de gestion apportent une attention plus soutenue à l'environnement et à la biodiversité.

Ces grandes idées doivent impérativement s'appliquer à la série unique de Hamdia qui par ailleurs n'a jamais vu l'application des techniques sylvicoles. On plantait et on laisse à la nature faire ce qu'elle doit réaliser sans se soucier de la production ligneuse qui à tout moment peut partir en fumée par déclenchement d'incendies. En outre, si la sylviculture ne pourra jamais avoir lieu dans nos forêts, naturelles soient-elles ou artificielles, nous resterons tributaires du marché extérieur pour importer le bois de différents pays, chose inconcevable si on voit les superficies boisées en Tunisie depuis les années cinquante jusqu'à nos jours.

L'application d'une sylviculture propre à la série forestière de Hamdia doit tenir compte des trois espèces qui composent cette série. On y trouve majoritairement le Pin maritime, le Chêne-liège qui commence à prendre place là où le Pin maritime fait défaut et le Pin pignon qui a donné de bons signes d'adaptation au milieu qui peuvent se manifester par l'accroissement favorable en diamètre et en hauteur presque dans tous les endroits où il a été planté.



## 5. Références

- Alaoui Assma 2002** : Contribution à l'étude de l'écologie et de la production des principales essences de reboisements au Maroc, mémoire de 3ème cycle-ENFI-Salé- Maroc
- Alaoui Assma 2011** : Production, croissance et modèles de conduite sylvicoles des principales essences (le pin maritime et le pin d'Alep) de reboisement au Maroc. *Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty 2011, 11(1): 68 – 84*
- Aloui Ali et al. 1995** : Essai de révision du P.V d'aménagement de la série unique de Hamdia (ISP de Tabarka)
- Baradat, P., Marpeau, A. 1988** : *Le pin maritime (Pinus pinaster Ait). Biologie et génétique des terpènes pour la connaissance et l'amélioration de l'espèce*. Thèse doctorat d'Etat, Université de Bordeaux 1, Bordeaux, 444 p.
- Belghazi B. 1990**: Etude de l'écologie et de la productivité du pin maritime (*pinus pinaster var.maghrebiana*) en peuplements artificiels au Nord du Maroc. Thèse de doctorat sciences agronomiques, I.A.V. Hassan II, Rabat.
- Boudy P. 1950**: Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences forestières 2ème fascicule. Tome II.
- Boudy P.1952** : Guide du forestier en Afrique du Nord. Maison rustique, Paris, 505p.
- Cailliez E.1980**: Estimation des volumes et accroissements des peuplements forestiers. Vol. 1, estimation des volumes. Etude FAO : Forêts, 22/ 1, Rome, 98 p.
- Chantre, G., Copeaux, D., Alazard, P., Najar, M. 2003** : Plantation de pin maritime : comment satisfaire les attentes de tous les acteurs économiques ? Dans : *De la forêt cultivée à l'industrie de demain*. Présenté au VII<sup>ème</sup> colloque Arbora : Y a-t-il un modèle économique landais ?, ARBORA, Bordeaux
- Debazac 1959** : La végétation forestière de la Kroumirie. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Tome XVI, fasc. (2), pp : 1 – 133.
- Destremau D.X., 1974** : Précisions sur les aires naturelles des principaux conifères marocains en vue de l'individualisation des provenances. Ann. Rech.Forest. Maroc 14, 3-90
- Maugé, J.1977** : Comment produire un peuplement moderne de pin maritime. *Informations-Forêt* 3 (86), AFOCEL, Paris, 8 p.
- M'Hirit O.1982**: Etude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). Thèse d'état, université d'aix-marseille, 436+117 pages.
- Najar, M., De Morogues, F.2009** : Optimiser la gestion des peuplements de pin Maritime pour un essor industriel durable. Dans: *Amplifier le gain génétique et optimiser la gestion des peuplements de pin maritime pour un essor industriel durable*, rapport final projet sylvogène, FCBA, Bordeaux, 175 p.
- Pardé, J. et Bouchon, J. 1988** : Dendrométrie - 2ème édition. *ENGREF* : 328 p.
- Pastuszka, P., Raffin, A., Alazard, P.2002** : Aperçu historique du programme d'amélioration du pin maritime. Dans : *Le progrès génétique en forêt*, GPMF, Gazinet Cestas, pp. 7-12.
- Rauscent, L. 1999** : Le Pin maritime en bois d'oeuvre : situation et perspectives. Dans: *De la forêt cultivée à l'industrie de demain*, Présenté au V colloque ARBORA : Propriétés et usages du pin maritime, ARBORA, Bordeaux, pp. 1-10.
- Rondeux 1993** : La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les Presses Agronomiques de Gembloux. Xx + 521 p.
- Sauvageot A. 1980**: Contribution à l'étude de la nutrition minérale de quelques résineux au Maroc. Ann. Rech. Forest.au Maroc, tome 20
- Schoenenberger 1970** : Principales plantes caractéristiques des forêts de chêne liège et de chêne zeen de Kroumirie et des Mogods- INRF, Tunis- N° 3 – 35 p.

**Selmi M. 1985** : Différenciation des sols et fonctionnement des écosystèmes sur grés numidiens de Kroumirie (Tunisie). Ecologie de la subéraie zenaie. Thèse de doctorat des Sciences Naturelles - Université de Nancy I, (*Centre de Pédologie Biologique*), 200 p.