

Production, croissance et modèles de conduite sylvicoles des principales essences (le pin maritime et le pin d'Alep) de reboisement au Maroc

Drte Alaoui Assmaa, Drt. Laaribya Said, Pr Gmira Najib,

¹Lab. of Biodiversity and Natural Resources, Faculty of Science, Univ. Ibn Tofail (LBRN) Kenitra - Morocco

*Corresponding author: laaribya4@gmail.com

Résumé

Le travail abordé dans le cadre de cette étude concerne l'évaluation et l'étude de production et la sylviculture des principales essences de reboisement au Maroc, à savoir le pin maritime (*Pinus pinaster*) et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*).

Vu leur contribution économique non négligeable et leur importance en matière de reboisement, le pin maritime et le pin d'Alep, ont fait l'objet de plusieurs études. Cette étude a montré que :

- la variabilité des milieux de point de vue écologique, édaphique et topographique influence la capacité de production ;
- le pin maritime de montagne est plus productif dans un bioclimat humide que dans des bioclimats sub-humide et semi-aride;
- les plantations du pin maritime de plaine ne réussissent que sur le littoral atlantique où les températures estivales sont atténuées et où l'hygrométrie de l'air est relativement forte.

La comparaison des résultats de productivité des différentes études sur le pin maritime de plaine avec celle de montagne, a montré que la variété de plaine plantée au Maroc sur le littoral atlantique est plus productive que la variété de montagne. On peut ainsi conclure et préconiser le reboisement de la variété landaise (*atlantica*) sur la frange atlantique et la variété maghrebiana à l'intérieur du pays.

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).

Mots clés : Pin maritime (*Pinus pinaster*), Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), reboisement, production, élagages, éclaircies.

Summary

The work discussed in the context of this study concerns the evaluation and study of production and forestry of the main plantation species in Morocco, namely the maritime pine and Aleppo pine. Given their significant economic contribution and importance of reforestation, maritime pine and Aleppo pine, have been the subject of several studies. This study showed that:

- The variability of environments ecologically, edaphic and topographic influence on the production capacity;
- Maritime Pine Mountain is more productive in a humid bioclimate bioclimates in a sub-humid and semi-arid;
- Plantations of maritime pine plains not successful on the Atlantic coast where summer temperatures are reduced and where the humidity of the air is relatively strong.

Comparing the results of various studies on productivity of the maritime pine plains with the mountain, shows that the variety of plain planted in Morocco on the Atlantic coast is more productive than the mountain variety. We can thus conclude and recommend reforestation of the variety Landes (Atlantic) on the Atlantic coast and variety maghrebiana in the interior.

Reforestation efforts in the production of timber and industry in both quality and quantity is dependent on the application of appropriate silvicultural methods (pruning, thinning).

Keywords: maritime pine, Aleppo pine, reforestation, production, forestry

Introduction

La forêt est une ressource naturelle importante, et un espace de biodiversité écologique, une richesse économique et un produit social et culturel. La diversité des conditions climatiques et écologiques du Maroc ainsi que sa zone de rencontre entre la flore européenne, saharienne et macaronésienne en font un véritable

carrefour floristique d'une diversité et d'une complexité incontestable. De cette diversité, résulte une grande richesse floristique et faunistique du domaine forestier qui couvrent plus de 9 millions d'hectares, soit un taux de couverture de 12,7 % du territoire national.

La forêt marocaine représente une des principales richesses du pays. En effet, de part ses caractéristiques et fonctions

multiplés (production, protection et récréation), sa grande diversité biologique constitue un enjeu écologique, social et culturel. Cependant, en dépit de ses rôles déterminants, la forêt marocaine est soumise à de fortes pressions anthropiques (prélèvement de bois, surpâturage, incendies...). Devant cette pression qui génère des évolutions déséquilibrées en forêt, la dégradation des forêts porte environ sur 25 000 à 30 000 ha qui disparaissent chaque année par défrichement. Ces facteurs, conjugués à des conditions climatiques sévères, rendent plus fragiles et vulnérables les écosystèmes forestiers marocains (Hceflcd¹, 2006).

Conscient du déficit énorme en bois et dans le but d'améliorer la productivité des reboisements, le Maroc, à l'instar des autres pays méditerranéens, s'est orienté vers les essences susceptibles à s'adapter à son climat et de fournir des rendements satisfaisants. Ainsi, les premières expériences de reboisement ont montré que le pin maritime (*Pinus pinaster*) et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) peuvent donner de bons rendements en bois (Alaoui A, 2002).

Les pins constituent ainsi le principal groupe d'espèces résineuses reboisées en raison de leur plasticité, de leur rendement et de leur importance économique.

Différentes études ont été menées sur les résineux au Maroc, toutefois, jusqu'à présent les gestionnaires n'en ont que peu profité. En effet, les résultats de ces études ne sont pas suffisamment exploités. Devant cette situation, il s'avère nécessaire une évaluation synthétique des différentes études relatives à la production et la croissance des résineux au Maroc.

Objectifs

En raison de l'importance qu'occupe les reboisements des résineux au Maroc et dans le but d'asseoir des bases élémentaires à un futur aménagement de ces peuplements, cet article consiste en une étude des principales espèces résineuses du genre *Pinus* et notamment le pin maritime et le pin d'Alep au Maroc.

Le présent travail présente une synthèse en matière de croissance et productivité du pin maritime de montagne et de plaine, et du pin d'Alep (*Pinus pinaster* et *Pinus halepensis*) en peuplements artificiels et naturels à travers le Maroc et ce à partir d'une étude bibliographique.

Les objectifs de cette étude sont :

- étudier et présenter un bilan en matière de production, croissance du pin maritime de montagne et de plaine, et du pin d'Alep en peuplements artificiels et naturels à travers le Maroc et ce à partir des études déjà réalisées ;
- présenter aux gestionnaires un modèle de conduite sylvicole des espèces étudiées dans les différents peuplements considérés.

La réponse à ces objectifs apparaît comme étant un élément essentiel pour une nouvelle planification de l'économie des produits forestiers, et de la politique de reboisement au Maroc.

Aperçu Bibliographique

I-1- Le Pin Maritime

Aire naturelle

Le pin maritime est une espèce de la Méditerranée occidentale à affinité atlantique. Sa répartition est comprise entre le 31^{ème} et 46^{ème} de latitude Nord et entre le 8^{ème} de longitude Ouest et le 13^{ème} de longitude Nord (Figure 12).

Dans cette aire, 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.

Selon Seigue (1985), le pin maritime occupe :

- 1 260 000 ha en Espagne dont 500 000 ha en peuplements artificiels,

¹ HCEFLCD : Haut Commissariat aux et Forêts et à la Lutte Contre la Desertification

- 1 300 000 ha au Portugal dont 1 042 000 ha en peuplements purs,
- 1 000 000 ha environ dans les Landes de Gascogne en France,
- 1 45 000 ha environ en France méditerranéenne (Corse, Aude, Var Alpes maritime),
- en Italie on le trouve surtout en Sardaigne et en Sicile.

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 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 et al., 1976). En effet, sa répartition est disjointe et se présente comme suit :

- en Algérie et en Tunisie l'espèce est située à cheval sur le 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, l'aire de répartition du pin maritime est très dispersée. Elle s'étend sur les chaînes du Rif, du Moyen Atlas et du Haut Atlas. On le rencontre depuis le niveau de la mer (forêt de Puntacires au Rif) jusqu'à 2200 m dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas.

Au Moyen Atlas, cette essence se rencontre en forêt de Merhraoua, forêt de Berkine avec quelques essences diverses et dispersées (chêne vert, thuya, cèdre etc....), forêt de Tamjilt mélangée avec le pin d'Alep, sur calcaire dolomitique à Dayet Aoua (Tamrabta) et en forêt d'Ifrane.

Dans le Rif, le pin maritime s'étend depuis les montagnes de Chefchaouen jusqu'au Mont Azrou-Akchar au Nord de Taza. Ses stations sont surtout nombreuses dans la moitié occidentale de la chaîne Rifaine.

Dans le Haut Atlas, le pin maritime est rare et occupe les hautes altitudes. C'est une

essence très plastique qui croit sur toute sorte de terrain. Elle se développe soit à l'état pur soit en mélange avec d'autres essences forestières sous des conditions écologiques très diverses. Sa limite supérieure s'interfère avec le cèdre ou le sapin alors que sa limite inférieure borde le littoral (**Alaoui A, 2002**).

I-2- Le Pin D'alep

Aire naturelle du pin d'Alep

Le pin d'Alep existe dans tout le bassin méditerranéen, réparti sur 3,5 millions d'hectares. On l'appelle parfois *Pinus mediterranea* WILKOM (Boudy, 1950). Il s'étend sans continuité du bord oriental de la mer noire et des montagnes de Mésopotamie (en Palestine, en Jordanie et en Turquie) à la péninsule Ibérique (Figure 13).

En Europe

On le rencontre en Espagne sur la côte méditerranéenne où il forme des peuplements assez importants et bien développés sur les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et de Murcie, alors qu'il est moins fréquent en Andalousie. Vers l'intérieur, il apparaît en colonies disjointes dans la haute vallée du Tage et sur le pourtour de la vallée de l'Edre. Aux îles des Baléares, il monte jusqu'à 1 200 m d'altitude (Quezel, 1980).

Le pin d'Alep est assez peu répandu dans la région méditerranéenne française ; il est éparé à l'Ouest du Rhône et remonte jusqu'au environ de Montélimar. En Corse, il n'apparaît avec une spontanéité douteuse que dans la région de Saint-florentin.

En Italie, le pin d'Alep couvre une superficie de 20 000 ha environ (Haffane, 1982). Il est localisé surtout sous forme de massifs dans la province de Tarente.

Au Proche-Orient

Le pin d'Alep n'est certainement présent en Turquie qu'au Nord-Est d'Adana. En Syrie il constitue quelques peuplements sur le revers occidental de la chaîne des Alaouites. Il constitue en outre quelques boisements relativement importants en Palestine et en Jordanie (Kadid, 1987).

En Afrique du Nord

Le pin d'Alep est plus développé puisqu'il apparaît à peu près partout sur les

massifs montagneux. Il s'étend sur une superficie de 1 260 000 hectares, dont 855 000 hectares en Algérie, 340 000 hectares en Tunisie et 65 000 hectares au Maroc (Boudy, 1950).

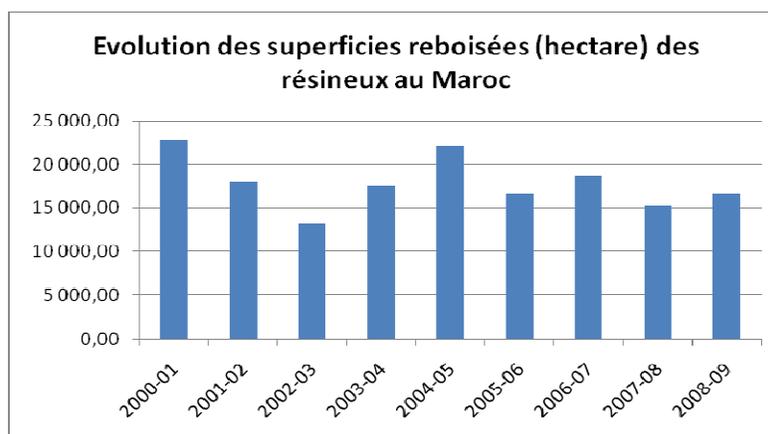
En Algérie, il se trouve essentiellement en Oranie (Sidi-bel-abbès, Saida, Tlemcen, Ouarsenis), sur le Tell algérois (Médé, Bidans), sur l'Atlas saharien (Amont de Ouled Nails) où occupe une surface de 200 000 ha.

En Tunisie, le pin d'Alep est très fréquent sur tous les massifs montagneux. Il est concentré notamment sur la dorsale tunisienne et l'Oued Melléque.

Au Maroc

Le pin d'Alep est un arbre relativement rare au Maroc. Sa distribution est très disloquée. Il couvre une superficie de 65 000 ha environ, répartie sur le versant méditerranéen au niveau du Maroc Oriental,

du Rif Oriental, du Moyen Atlas, des montagnes de Debdou, de la presqu'île de Melilia, le Grand Atlas oriental et au Sud-Est de la Moulouya (Emberger, 1939). Sur la côte atlantique, le pin d'Alep apparaît en petits îlots sporadiques le long des chaînes du couloir de Taza jusqu'aux montagnes d'Amez Miz au sud de Marrakech. Dans le Rif, il trouve refuge sur les versants Est ou dans les cuvettes internes à l'abri de l'influence atlantique et de préférence sur des substrats calcaire ou calcaire-marneux, jusqu'au voisinage de Ouezzane. Le massif le plus important est celui qui s'étend de Tillouguit jusqu'à Zaouia Ahnsal (Belghazi, 1980). En définitif, la répartition du pin d'Alep dans son aire naturelle est résumée dans le tableau 1. Au Maroc, un effort import est déployé pour promouvoir les superficies reboisées des résineux dans l'objectif de satisfaire ses besoins en bois d'industrie (figure suivante).



Source : HCEFLCD, 2010

Tableau 1. Superficies (ha) couvertes par le Pin d'Alep dans le pourtour méditerranéen

PAYS	IMPORTANCE	PAYS
Algérie	855 000	Turquie
Tunisie	340 000	Espagne
Grèce	334 000	Libye
France	135 000	Yougoslavie
Maroc	65 000	Syrie
Italie	20 000	Albanie

Source : Haffane, 1982

Estimation De La Production : Tarifs De Cubage

II-1- Types De Tarifs De Cubage

Dans la pratique sylvicole, on distingue différents types de tarifs de cubage

des tarifs de cubage à une entrée où l'estimation du volume est donnée par une seule variable, très souvent le diamètre (ou la circonférence) de référence de l'arbre. Ils sont utilisés très souvent en sylviculture.

➔ des tarifs de cubage à deux entrées qui estiment le volume de l'arbre à partir de sa circonférence (ou diamètre) à 1,30 m et de sa hauteur. Ce sont des tarifs de cubage qui estiment, avec une bonne précision, le volume de l'arbre.

➔ des tarifs peuplement destinés à estimer le volume à l'hectare d'un peuplement. Leur emploi est surtout réservé à l'élaboration des aménagements dans le sens où ils servent au recrutement de la possibilité.

Le domaine de validité des tarifs est le domaine couvert par l'échantillon sur lequel ont été faites les observations. Les principes de base reposent sur le fait que des arbres de même essence, de même âge, ayant grandi dans des milieux de croissance comparables, ont un volume identique ou qui oscille autour d'un volume moyen (Cott, 1817 in Rondeux, 1993).

II-2- Construction Des Tarifs De Cubage

La construction des tarifs de cubage soulève de nombreux problèmes qui sont plus ou moins liés à leur utilisation et à ce que l'on cherche (types de tarifs, taille et représentativité de l'échantillon, modèle d'équation et précision...) (M'Hirit, 1992).

Il s'agit de développer dans la présente étude, les différentes méthodes de construction des tarifs de cubage ni de leurs principes théoriques que le lecteur pourrait consulter dans les ouvrages de base

(Bouchon, 1974; Rondeux, 1993), mais plutôt de présenter des tarifs de cubage individuels et peuplement déjà construit et applicable à l'ensemble des peuplements de pin maritime maghrebiana, de pin maritime atlantica et pin d'Alep dans les principaux peuplements artificiels et naturels.

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 (Pardé, 1969).

D'après Schmith et Schneider (1959) cité 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 monospécifique 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.

Pour l'élaboration d'un tarif de cubage à portée régionale, Bouchon (1974) recommande que la taille de l'échantillon doit être fonction de la superficie de la forêt, comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 2. Taille de l'échantillon en fonction de la surface et de la zone de validité

Zone de validité pour une essence	Surface (ha) approximative	Nombre d'arbres échantillons
Peuplement homogène	1	30
Parcelle	30	100
Région naturelle	100	400
Forêt	---	800
L'aire de l'essence	---	3000

Source : Alaoui A, 2002

D'après ce qui précède, il n'existe pas de règles strictes pour déterminer la taille de l'échantillon, mais celle-ci dépend essentiellement de la précision et de la zone de validation de ce tarif.

Types de données à récolter

Pour la construction de tarifs de cubage, les mesures couramment effectuées

dépendent de la nature du tarif (une ou deux entrées, tarif peuplement). Habituellement, les mesures sont prélevées sur des arbres abattus ou si possible par grimpage. Ces mesures concernent en particulier :

- la grosseur sur écorce à hauteur d'homme,
- les grosseurs, à divers niveaux du tronc,
- la hauteur totale,

- l'épaisseur de l'écorce (mesures à divers niveaux).
- les paramètres caractéristiques du peuplement (N / ha , Hd , G / Ha , ...) ² pour les tarifs peuplements.

Méthodes de construction d'un tarif de cubage

Deux méthodes servent à la construction des tarifs de cubage : la méthode graphique et la méthode mathématique.

- la méthode graphique

Elle est utilisée surtout pour les tarifs de cubage à une entrée. Sur un graphique, on reporte le volume en ordonnée et le diamètre en abscisse, on obtient une courbe continue occupant le mieux possible une position moyenne au sein de tous les points graphiques. Ainsi, on corrige l'estimation obtenue par le rapport entre le volume réel (V_r) de l'échantillon et son volume découlant de l'utilisation du Tarif (V_t). A chaque application du tarif à un lot donnée de bois, on multiplie le volume estimé par le facteur de correction V_r/V_t .

- la méthode mathématique

Dans la gestion forestière, les tarifs de cubage couramment utilisés sont les tarifs mathématiques. Ce sont des modèles de régression entre deux catégories de variables :

- une variable dépendante qui est généralement le volume de l'arbre ou du peuplement dite aussi variable à expliquer ou endogène,
- une ou plusieurs variables indépendantes dites variables exogènes (déterminées à l'extérieur du modèle) ou variables explicatives.

L'avantage de ces tarifs est triple :

- les calculs d'erreurs de précision et d'estimation sont faciles. La fiabilité du tarif est ainsi contrôlée ;
- il est plus aisé de faire des calculs automatiquement à partir d'une formule que d'un graphique ou d'un tableau ;
- les calculs sont plus objectifs par rapport à la méthode graphique.

Pour ces raisons, la méthode mathématique a toujours eu la faveur des forestiers.

Dans la littérature forestière, il existe deux catégories de modèles mathématiques : les modèles polynomiaux et les modèles allométriques, (Tableau 3).



Photo1. *Pinus halepensis*



Photo2. *Pinus pinaster* (fruit)

² N/ha : densité ; Hd : Hauteur dominante, G/ha : surface terrière à l'hectare.

Tableau 3. Types de modèles mathématiques³

Type de modèle	Polynomiaux	Allométriques
Tarifs à une entrée	-V = a ₀ + a ₁ C ² -V = a ₀ + a ₁ C + a ₂ C ²	-V = a ₀ C ^b
Tarifs à deux entrées	- V = a ₀ + a ₁ C ² H -V = a ₀ + a ₁ C ² + a ₂ C ² H	-V = a ₀ C ^b

II-3- Precision Des Tarifs De Cubage

Le tarif de cubage est construit à partir d'un échantillon d'arbres représentatif des peuplements étudiés. L'erreur commise par son application au cubage d'un arbre correspond à la différence entre le volume réel de cet arbre et son volume estimé par le tarif. Cette erreur peut résulter de plusieurs sources :

- erreur de mesure des arbres employés pour la construction du tarif (erreur dus aux opérateurs, aux instruments, à l'objet mesuré...),

- variabilité naturelle des sujets à cuber : la relation qui existe entre le volume et les caractéristiques de l'arbre est une relation statistique (non fonctionnelle),

- variabilité liée à l'échantillonnage : le tarif provient d'un échantillon et non de la population.

La précision d'un tarif est obtenue par le calcul de l'erreur due à l'application du tarif sur le volume d'un arbre. Il est égale à : $e(V) = +t \cdot \sigma_{x,y}$

Avec : $e(V)$: l'erreur due à l'application du tarif sur le volume.

t : t –de student.

$\sigma_{x,y}$: l'écart-type résiduel.

Si le tarif est appliqué à 'N' arbres, l'erreur sur leur volume moyen sera alors :

$$e(V) = +t \cdot \sigma_{x,y} / n^{1/2}$$

II-4- Tarifs De Cubage Des Peuplements Artificiels Au Maroc

Tarifs de cubage du pin maritime

Les critères qui ont guidé le choix des meilleurs modèles sont cités ci-dessous. Nous ne retenons ici que les critères le plus souvent employés dans les diverses études. On cite à ce titre :

1 - le coefficient de détermination (R²) le plus élevé,

2 - l'écart-type résiduel le plus faible (σ_r),

3 - les coefficients de régression qui doivent être significativement différent de zéro,

4 - le test de fisher (F) : la valeur (F) calculée de la quantité globale de l'ajustement doit être significatif. Ce qui signifie que les variables indépendantes expliquent bien la variable dépendante.

5 - l'indice de furnival (IF) : la comparaison entre les équations logarithmiques et non logarithmiques pour le choix du modèle, exige l'utilisation de cet indice basé sur le concept du maximum de vraisemblance. L'utilité de l'indice est surtout intéressante lorsque la variable dépendante a subi une transformation quelconque. Il s'écrit sous la forme suivante :

$$IF = \sigma_r / (If'(V_i))^{(1/n)}$$

Avec : σ_r : l'écart-type résiduel relatif à V_i

$f'(V_i)$: la dérivée première de f (V_i) par rapport à V

V : variable dépendante

n : nombre d'observations

6 - la facilité d'application.

Tarifs de cubage pour le pin maritime (Pinus pinaster sol. Var. Maghrebiana)

Vu son importance dans les reboisements du Rif et du Moyen Atlas Oriental (90% environ des plantations résineuses), cette essence a été largement étudiées.

En effet, Belghazi (1990, 1992) a élaboré des tarifs à une et à deux entrées pour cette espèce. les observations de base proviennent de 182 arbres échantillons convenablement choisis. Ces arbres ont été abattus et cubés par billons d'un mètre de long par la méthode de Newton-Simpon.

a / Tarif à une seule entrée

Dans la même région (Rif et moyen Atlas, le tarif à une entrée retenu dans la dite étude est de la forme :

³ V : Volume ; C : Circonférence de l'arbre à 1,30 mètre ; a₀ a₁ a₂ : constantes

$\text{Log}V = 1,001 + 2,402 \text{Log}C$ avec :
 $R^2 = 0,97$ et $\sigma_r = 0,12$

Dans la pratique, les tarifs de cubage à une seule entrée sont d'un usage facile. Certes, ils sont moins précis mais utiles en matière d'aménagement et pour certaines estimations rapides.

b / Tarif à deux entrées

Le modèle se présente comme suit :

$V = 308,494 C + 0,0035 C^2H$
 avec : $R^2 = 0,99$ et $\sigma_r = 1,02$

Ce tarif donné sous forme polynomiale est essentiellement destiné à l'exploitant forestier et au gestionnaire de ces peuplements.

Si la mesure de circonférence ne pose pas de problème, celle de la hauteur est par contre fastidieuse, au point que, lors des

martelages, les hauteurs sont le plus souvent estimées au simple « coup d'œil ». Cela introduit des erreurs parfois intolérables.

Le même auteur a proposé comme solution au problème, d'employer plutôt dans ces conditions, les tarifs à une entrée pour éviter le biais introduit par l'estimation des hauteurs.

Nous signalons également que d'autres tarifs ont été construits à l'échelle locale dont l'application peut être intéressante. Il s'agit d'un tarif individuel à une seule entrée et d'un tarif peuplement pour les plantations de Tazekka (Oukaja, 1981) et un tarif peuplement pour les plantations de Bab Taza (Ahizoune, 1977). Toutefois, l'application de ces tarifs (Tableau 4) nécessite une grande prudence, car leur construction a été faite au moment où les arbres étaient encore jeunes.

Tableau 4. Tarifs de cubage élaborés dans le Massif Tazekka et Bab-Taza

Région	Altitude(m)	Bioclimat	Type de tarif	Tarif de cubage	R ²	σ _r
Massif Tazekka	de 700 à 1500	Humide	Tarif individuel à une seule entrée	$V = 0,417C^{2,872}$	0,94	7,52
Massif Tazekka	de 700 à 1500	Humide	Tarifs peuplement	S1 : $V = 0,8056 + 0,3412GH$ S2 : $V = 0,4242GH + 4,342$ S3 : $V = 0,4858 GH - 1,2786$ S4 : $V = 0,6711 GH - 1,7567$	0,94 0,97 0,94 0,96	--- --- --- ---
Rif (Bab-Taza)	Occidental 860	Sub-humide	Tarif peuplement	$V = -9,1291 + 0,0247 C^2Hd$	0,897	32,55

Tarifs de cubage du pin maritime (Pinus pinaster var. atlantica)

La Maâmora est la forêt qui présente la plus grande partie des reboisements de la variété atlantica au niveau du Maroc. Cependant, cette essence a fait l'objet de peu d'études.

Hamrouch (1997) a fait une étude exhaustive du comportement et de la productivité de cette espèce. Pour cette occasion l'auteur a élaboré un tarif de cubage à double entrées et un tarif à une entrée sur la base d'un échantillon de 200 arbres.

a/ Tarif à une entrée

Vu son application facile et sa précision suffisante, Hamrouch a adopté pour ses calculs un tarif de cubage à une seule entrée. Ce tarif s'écrit comme suit :

$V = 0,08 - 0,414 C + 0,901 C^2$
 avec : $R^2 = 0,96$ et $\sigma_r = 0,027$

b/ Tarif à deux entrées

Pour vérifier la pertinence de ces tarifs, Hamrouch (1997) a retenu un échantillon test constitué de 40 arbres de structure homothétique à celle de la population et n'ayant pas servi à l'élaboration du tarif. Le calcul de la moyenne relative des erreurs (ë) ainsi que l'écart-type relatif de leurs distribution ($\sigma_e = 0,0033$) fournit le modèle suivant :

$V = - 0,014 + 0,081C + 0,031C^2H$
 avec $R^2 = 0,98$ et $\sigma_r = 0,021$

V : volume de l'arbre en m³

C : circonférence de l'arbre à 1,30 m exprimé en mètre.

H : hauteur totale (m)

Donc, la comparaison des différents modèles et l'examen de leurs résidus permettent le choix du modèle qui présente le plus faible biais 0,093 % et un écart type de 0,0033 calculés à partir de l'échantillon test.

Remarque : Au niveau de la même région (Maamora) Knockaert et Rondeux, 1979 ont construit des tarifs de cubage à simple et à **double entrées**. L'expression mathématique de ces tarifs est la suivante :

$$V = 1,486 - 1,626 C + 0,0767 C^2$$

avec : $R^2 = 0,93$ et $CV = 14,71$

Et $V = 1,1 \cdot 10^{-5} + 0,0115 C^2 - 0,0212 H + 8,07 \cdot 10^{-4} C^2 H$ avec : $R^2 = 0,93$ et $CV = 12,27$

CV : coefficient de variation

Le tableau 5 donne un récapitulatif des différents tarifs élaborés pour les principales reboisements du Pin maritime (*Pinus pinaster var. maghrebiana et atlantica*)

Tableau 5. Tarifs de cubage pour le pin maritime en reboisement au Maroc

Région	Variété	Altitude (m)	Bioclimat	Tarif de cubage	R ²	Ecart-type résiduel
Rif et le Moyen Atlas Oriental	Magh.	650 à 1700	Humide	V=308,49C+0,05 C ² H LogV=1,001+2,004LogC	0,99 0,97	1,02 0,12
Massif de Tazekka	Magh.	700 à 1500	Semi-aride Sub-humide	V=0,417 C ^{2,872}	0,94	7,58
Rif Occidental (Bab Taza)	Magh.	860	Sub-humide Humide	V=-9,13+0,0247 C ² Hd	0,897	32,55
Maâmora	Atlant.	7m à 294 m	-Sub humide (partie occidentale) -Semi-aride (partie centrale et oriental)	V=0,08-0,014C+901C ² V=0,014 + 0,081C+0,031C ² H	0,96 0,98	0,027 0,021
Maâmora	Atlant.		Sub-humide	V = 1,486-1,626C+0,0767C ² V = 1,1.10 ⁻⁵ +0,0115C ² -0,0212 H + 8,07.10 ⁻⁴ C ² H	0,93 0,95	--- ---
Maâmora	Atlant.	250	Sub-humide	V=1,49-1,63C+0,077C ² V=0,0115 0,02H+0,00031C ² H	0,93 C ² - 0,95	- -

(Belghazi, 1990; Oukaja, 1981; Ahizone, 1977; Hamrouch, 1997; Knockaert et Rondeux, 1979; Bernoussi, 1982)

Tarifs de cubage du Pin d'Alep

Vu son indifférence vis-à-vis des sols, de ses exigences limitées en eau, le pin d'Alep est l'essence la plus utilisée dans les reboisements résineux (67%) avec une large dispersion dans tout le territoire marocain.

En fait, les principales plantations se localisent dans le Maroc oriental (29%), le

Nord-Est (22%) et un peu moins dans d'autres régions.

Les études faites pour l'estimation de sa production sont relativement plus nombreuses. Nous considérons dans le tableau 6 les différents tarifs construits pour cette essence.

Tableau 6. Tarifs de cubage pour le pin d'Alep en reboisement au Maroc

Région	Altitude (m)	Bioclimat	Tarifs de cubage	R ²	Ecart-type résiduel
Haut Atlas (Marrakech)	648-1465	Semi-aride Sub-humide	V= 11,56+0,033C ² H S1 : V=8,69+0,034C ² H S2 : V=13,49+0,032C ² H S3 : V=14,001+0,32C ² H	0,98 0,98 0,97 0,97	9,84 14,01 7,57 3,72
Nord-Ouest (Rommani)	390	Semi-aride	V=11,39.10 ⁻⁷ C ^{2,837} V=6,33+0,3GH	0,94 0,97	0,326 ---
Oriental (Oujda)	1200	Semi-aride	V=-2,36.10 ⁻³ +3,134.10 ⁻⁵ C ² V=0,011+3,07. 10 ⁻⁶ C ² H V=-0,902+3,69G+0,02GHd	0,94 0,96 ---	0,01 0,008 ---
Rif(Tetouan)	1000	Sub-humide	V=3,589. 10 ⁻⁷ C ^{3,101}	0,964	0,0293
Plateau central(forêt Achemech)	1000	Sub-humide inférieure	LogV=-0,769+2,346LogC	0,968	0,145

(Azeba, 1981 ; Ezzahiri, 1982 ; Berhili, 1994 ; Laaboudi, 1992 ;Lefkihi, 1992)

II-5- Tarifs De Cubage Des Peuplements Naturels

En peuplements naturels, les travaux fournissent peu d'informations sur l'estimation de la production du Pin maritime de montagne et de Pin d'Alep.

Tarifs de cubage du Pin maritime naturel au Maroc

Actuellement, pour le Pin maritime de montagne, les principaux peuplements du Rif Occidental (Karbouch, Madissouka, Tidiouine), du moyen Atlas Oriental (Tamjout) et du Moyen Atlas Central (Tamrabortat), ont fait l'objet d'études très détaillées (Benmessaoud, 1987; Ait Benhaddou, 1988; Zahid Didi, 1988). Les tarifs de cubage de ces forêts sont présentés dans le tableau 7.

Tarifs de cubage du Pin d'Alep naturel au Maroc

Le Pin d'Alep naturel couvre une superficie non négligeable (65000 ha) dont les plus importants peuplements sont situés dans la région Orientale, le reste est dispersé le long des chaînes montagneuses. Par ailleurs, les principaux peuplements naturels qui ont fait l'objet d'étude sur la production sont situés dans le Haut Atlas.

S'agissant des peuplements naturels, le tableau 8 présente les tarifs de cubage élaborés par Belghazi (1980); Assahnan (1993) et le SAFBV⁴ de Haut Atlas à Marrakech (1998) dans le Haut-Atlas (forêt de Tamga et pinède de Zerkten et Amez Miz).

Models De Conduite Sylvicoles Des Peuplements Resineux Au Maroc

Jusqu'à un passé récent, les élagages étaient déconseillés et même condamnés par certains auteurs qui estimaient que la coupe des branches diminue le système photosynthétique et conduit à des blessures des arbres, ce qui facilite la pénétration des parasites. Cependant, la demande de bois de qualité nécessite une éducation soignée du peuplement surtout les élagages que nous considérons absolument indispensable si l'on

veut produire du bois de qualité. En effet, pour être rentable, les élagages doivent nécessairement être associés à d'autres opérations sylvicoles, en particulier les éclaircies.

III-1- Elagages

L'élagage consiste à couper les branches au ras du tronc. Il peut porter sur des branches vivantes ou mortes. Il s'impose pour tous les arbres producteurs de bois de valeur, qui ne s'élaguent pas facilement par voie naturelle. C'est le cas des peuplements artificiels plantés à espacement relativement importants.

Buts des élagages

En plus de son but pratique, l'élagage 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'élagage 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 élagage naturel tardif au niveau des gros nœuds.

Types d'élagages

On distingue deux types d'élagage artificiel à savoir : l'élagage de pénétration et l'élagage de formation.

L'élagage 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'élagage de formation, malgré son caractère onéreux, permet la production du bois de qualité. Il porte généralement sur les arbres d'avenir.

⁴ SEAFBV : Service des Etudes d'Aménagement des Forêts et des Bassins Versants

Tableau 7. Tarifs de cubage du Pin maritime de montagne (*Pinus pinaster var. maghrebiana*) en peuplements naturels

REGION	VARIETE	ALTITUDE (M)	BIOCLIMAT	TARIF DE CUBAGE	R ²	ECART-TYPE RESIDUEL
Moyen Atlas (Tamrabta)	Magh.	1500 à 2000	Sub-humide	$V=0,418 C^{2,946}$	0,981	0,164
Moyen Atlas Oriental	Magh	165 à 1000	Semi-aride Sub-humide	$V=0,6243 C^{2,962}$	0,92	0,223
Rif central (Chaouen et Ketama)	Magh.	1200 à 1800	Humide	$V=0,00159 C^{2,715}$ $V=0,0031 (C^2H)^{1,51}$	0,97 0,99	0,225 0,083

Tableau 8. Tarifs de cubage du Pin d'Alep en peuplements naturels

REGION	ALTITUDE (M)	BIOCLIMAT	TARIF DE CUBAGE	R ²	ECART-TYPE RESIDUEL
Haut-atlas (Tamga)	1000 à 1430	Semi-aride superieure	$V=-0,16055+6,133.10^{-5}C^2$ $V=-0,0678+47,49.10^{-6}C^2$	0,93 0,95	0,326 0,206
Haut-atlas (Zerkten et Amezmiz)	1400 à 1800	Semi-aride	$V= 0,00334-7.10^{-4}C+4.10^{-5}C^2$ $V=0,0262+17. 10^{-5}C^2 + 0,0049H +10^{-5}C^2H$ $V=-41,56+2,9.G +5,054Ht+0,388$	0,95 0,97 ---	0,056 0,045 ---

Source : Alaoui A, 2002

Date de début et périodicité des élagages

Pour que la cicatrisation des plaies d'élagage soit rapide et pour avoir des sujets sans nœuds ou avec des nœuds encore petits, 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.

Hauteur d'élagage

Faire un élagage jusqu'à 60 à 70 % de la hauteur de l'arbre peut être préjudiciable et peut causer le dépérissement de l'essence. Alors que l'élagage au 1/3 de la hauteur est toujours sans problème. En effet, au delà de ce seuil, certaines espèces réagissent négativement soit par perte de leur statut social (dominant, dominé) soit par dépérissement.

Epoque d'élagage

L'époque optimale est le moment où la cicatrisation est rapide. Elle correspond à la fin de l'hiver et le début du printemps. On recommande d'éviter les élagages en période

de pleine sève car le flux de sève est tellement fort que cela peut engendrer des écoulements de sève pouvant bloquer la cicatrisation.

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 élagage concerne l'ensemble des arbres. Les élagages suivants 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'élagage avec les éclaircies.

III-1- 1- Application aux peuplements artificiels au Maroc

Souvent contesté, l'élagage de pénétration permet de circuler et de mieux contrôler le peuplement. Cependant, un seul élagage est loin d'être suffisant. Il faut intervenir tôt et progressivement. En effet, le calendrier d'élagages pour chaque essence peut être programmé selon les tableaux 9 à 10.

Tableau 9. Périodicité et norme d'élagages pour le pin maritime de montagne en reboisement

Elagages	Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Hauteur totale (m)	Hauteur d'élagage (m)
1 ^{er} élagage	5	830	2,5	0,8
2 ^{ème} élagage	10	830	5,7	1,9
3 ^{ème} élagage	15	830	8,1	2,7
4 ^{ème} élagage	20	533	9,7	3,2
5 ^{ème} élagage	25	533	10,7	3,6

Tableau 10. Périodicité et norme d'élagages pour le pin maritime de plaine en Mâamora

Elagages	Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Hauteur totale (m)	Hauteur d'élagage (m)
1 ^{er} élagage	5	1 100	4,6	1,5
2 ^{ème} élagage	10	667	6,9	2,3
3 ^{ème} élagage	15	445	9,6	3,2
4 ^{ème} élagage	20	297	12,5	4,2
5 ^{ème} élagage	25	198	15	5

En effet, faute d'étude poussée sur la croissance en grosseur des branches, la périodicité des élagages est purement indicative.

Il convient de signaler que les peuplements

naturels sont déjà vieillis (âge minimum de 40 ans). Ils sont assez bien élagués par voie naturelle et ne sont donc pas concernés par les calendriers proposés ci-dessus (tableaux 9 à 13).

Tableau 11. Périodicité et norme d'élagages pour pin d'Alep en reboisements à Tetouan

Elagages	Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Hauteur totale (m)	Hauteur d'élagage (m)
1 ^{er} élagage	5	1 000	1,4	0,5
2 ^{ème} élagage	10	667	3,2	1,1
3 ^{ème} élagage	15	445	4,9	1,6
4 ^{ème} élagage	20	297	6,4	2,1
5 ^{ème} élagage	25	198	7,6	2,5

Tableau 12. Périodicité et norme d'élagages pour pin d'Alep en reboisement à Marrakech

Elagages	Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Hauteur totale (m)	Hauteur d'élagage (m)
1 ^{er} élagage	5	800	3,4	1,1
2 ^{ème} élagage	10	800	5,3	1,8
3 ^{ème} élagage	15	800	6,8	2,3
4 ^{ème} élagage	20	533	8,2	2,7
5 ^{ème} élagage	25	533	9,5	3,2

Tableau 13. Périodicité et norme d'élagages pour pin d'Alep en reboisement à Rommani

Elagages	Age (ans)	Densité (tige/ha)	Hauteur totale (m)	Hauteur d'élagage (m)
1 ^{er} élagage	5	1 000	1,4	0,5
2 ^{ème} élagage	10	667	4,1	1,4
3 ^{ème} élagage	15	445	7,8	2,6
4 ^{ème} élagage	20	297	10,8	3,6
5 ^{ème} élagage	25	198	13,0	4,3

III-2- 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.

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.

Outre son caractère cultural prépondérant, l'éclaircie fournit des produits marchands, et a alors un caractère économique.

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 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.

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). Au Maroc, l'intensité des éclaircies est réglementée par l'élimination de 1/3 des arbres à chaque passage.

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). Elles consistent à enlever selon un schéma déterminé 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 croissances et en supprimant tous les sujets sans valeur, encombrants, mal conformés ou dépérissants. C'est la démarche opportune pour les peuplements étudiés.

III-2-1- Application aux reboisements au Maroc

La rotation fixe peut être appliquée pour tous les peuplements artificiels, sans problème puisqu'elle est la plus facile et la plus maniable pour le sylviculteur. Aussi, des éclaircies sélectives peuvent être envisagées pour ne travailler qu'au profit des arbres d'élite. Les âges d'exploitabilité est de 30 et 40 ans, respectivement pour le pin maritime de plaine et le pin maritime de montagne et il est entre 35 et 40 ans pour le pin d'Alep. La densité de plantation est de coutume égale à 1100 tiges/ha en plaines et 830 tiges/ha dans les reboisements de montagnes. Les programmes d'éclaircies pour chaque forêt peuvent être envisagés selon les tableaux 14 à 15.

Tableau 14. Norme d'éclaircie du pin maritime de montagne en reboisements

Eclaircie	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	10	5,7	830	277	21	Perches
2 ^{ème} éclaircie	20	9,7	553	184	42	Bois de mine
3 ^{ème} éclaircie	30	11,2	369	123	63	Bois d'industrie
coupe finale	40	11,8	246	246	84	Bois d'œuvre

N : densité initiale ; n : nombre d'arbres à prélever

Comparativement à la variété landaise, la croissance en hauteur de la race maghrebiana est plus brute. Cela se traduit par une périodicité des coupes plus longues.

Tableau 15. Régime d'éclaircie du pin maritime de plaine en Mâamora

Eclaircie	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	10	6,9	1100	367	31	Perches
2 ^{ème} éclaircie	15	9,6	733	244	46	Bois de mine
3 ^{ème} éclaircie	20	12,5	489	163	62	Bois d'industrie
4 ^{ème} éclaircie	25	15,1	326	109	77	Bois d'oeuvre
coupe finale	30	17,1	217	217	93	Bois d'œuvre

N: densité initiale; n: nombre d'arbres à prélever

Pour cette essence, l'accroissement en hauteur dominante est plus élevé par rapport aux autres essences. Les crûs de 1 à 2 m sont atteints largement en 5 ans, période retenue comme rotation des coupes.

Tableau 16. Norme d'éclaircie du pin d'Alep en reboisements à Tetouan

Eclaircie	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tige / ha)	N (tige / ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	20	6,4	830	277	36	Bois de mine
2 ^{ème} éclaircie	30	8,7	553	184	54	Bois d'industrie
coupe finale	40	10,2	369	369	72	Bois d'industrie

Tableau 17. Norme d'éclaircie du pin d'Alep en reboisement à Marrakech

Eclaircie	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	15	6,8	830	277	30	Bois de mine
2 ^{ème} éclaircie	25	9,5	553	184	50	Bois d'industrie
coupe finale	35	10,9	369	369	70	Bois d'industrie

Tableau 18. Norme d'éclaircie du pin d'Alep en reboisement de Rommani

Eclaircie	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	15	7,8	1100	367	34,2	Bois de mine
2 ^{ème} éclaircie	20	10,8	733	244	46	Bois d'industrie
3 ^{ème} éclaircie	25	13,1	489	163	57	Bois d'industrie
4 ^{ème} éclaircie	30	14,9	326	109	68,4	Bois d'industrie
coupe finale	35	16,4	217	217	79,8	Bois d'oeuvre

III-2-2- Application aux peuplements naturels au Maroc

Dans le but de proposer un calendrier des éclaircies pour les peuplements naturels, on s'est basé sur les mêmes règles adoptées en reboisements (rotation fixe tous les 10 ans et éclaircie sélective). L'âge d'exploitabilité varie

de 60 à 75 ans pour le pin maritime de montagne et de 75 à 80 ans pour le pin d'Alep.

III-2-2-1- Pin maritime de montagne

Pour cette essence, on signale que la pinède de Tamrabta a été incendiée en été 2 001 et ne se voit concernée par l'opération, tout au

moins à moyen terme. Les autres peuplements naturels sont dans l'ensemble à l'état de futaie avec des accroissements relativement faibles. Si on considère un âge d'exploitabilité de 70 ans comme cela a été retenu pour la forêt de

Tamrabta (CREA de Meknes, 1984), les programmes d'éclaircies pour chaque forêt peuvent être envisagés, selon les tableaux 19 à 22.

Tableau 19. Norme d'éclaircie du pin maritime en peuplement naturels à Tamjout

Eclaircies	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	50	12,8	600	200	65	Bois d'industrie
2 ^{ème} éclaircie coupe définitive	60	13,8	400	133	78	Bois d'oeuvre
	70	14,5	267	267	91	Bois d'oeuvre

Tableau 20. Norme d'éclaircie du pin maritime en peuplement naturels : forêts de Madissouka, Tidiouine et Kharbouch

Eclaircies	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	40	12,9	600	200	56	Bois d'industrie
2 ^{ème} éclaircie	50	14,3	400	133	70	Bois d'industrie
3 ^{ème} éclaircie	60	15,3	267	89	84	Bois d'oeuvre
coupe définitive	70	15,9	178	178	98	Bois d'oeuvre

Tableau 21. Norme d'éclaircie du pin maritime en peuplement naturels de Bouhachem et Azrou Akchar

Eclaircies	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisation de bois
1 ^{er} éclaircie	50	9,5	780	260	65	Bois d'industrie
2 ^{ème} éclaircie	60	9,7	520	173	78	Bois d'oeuvre
coupe définitive	70	9,8	347	347	91	Bois d'oeuvre

6.2.7.2. Pin d'Alep

Tableau 22. Norme d'éclaircie du pin d'Alep en peuplement naturel de Zerkten-Amez Miz

Eclaircie	Age (ans)	Hauteur (m)	N (tiges/ha)	n (tiges/ha)	Circonférence moyenne (cm)	Utilisations
1 ^{er} éclaircie	60	9,8	427	142	78	Bois d'oeuvre
2 ^{ème} éclaircie	70	10,6	285	95	91	Bois d'oeuvre
coupe définitive	80	11,3	190	190	98	Bois d'oeuvre

Conclusion Generale

Le travail abordé dans le cadre de cette étude concerne l'étude de production, et croissance des principales espèces de reboisement au Maroc à savoir le pin maritime de plaine et de montagne et le pin d'Alep.

Vu leur contribution économique non négligeable et leur importance en matière de reboisement, le pin maritime de montagne et de plaine et le pin d'Alep, ont fait l'objet d'étude. En effet, nous avons présenté les tarifs de cubage des peuplements naturels et artificiels de ces essences et une synthèse des différents résultats de croissance des études antérieures.

De cette étude on a pu conclure que :

- la variabilité des milieux de point de vue écologique, édaphique et topographique influence sur la capacité de production ;
- le pin maritime de montagne est plus productif dans un bioclimat humide que dans des bioclimats sub-humide et semi-aride (Alaoui, 2002);
- les plantations du pin maritime de plaine ne réussissent que sur le littoral atlantique où les températures estivales sont atténuées et où l'hygrométrie de l'air est relativement forte.
- la comparaison des résultats de la productivité des différentes études réalisés sur le pin maritime de plaine avec celle de

montagne, fait ressortir que la variété de plaine (*Pinus pinaster var. atlantica*) plantée au Maroc sur le littoral atlantique est plus productive que la variété de montagne. On peut ainsi conclure et préconiser le reboisement de la variété landaise (*atlantica*)

sur la frange atlantique et la variété maghrebiana de l'intérieur du pays.

- comparativement avec son congénère le pin maritime de montagne (*Pinus pinaster var. maghrebiana*) en peuplement artificiel dont l'accroissement varie de 5,845 m³/ha/an à 1,265 m³/ha/an, le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en peuplement artificiel est beaucoup moins productif. Il en est de même pour les plantations de pin maritime de plaine dont l'accroissement varie de 7,176 m³/ha/an à 5,129 m³/ha/an en Maamora.

Par ailleurs, les résultats enregistrés pour le pin d'Alep sont décourageants et ils sont loin du seuil fixé par le Plan National de Reboisement (AEFCS, 1970) pour les anciens programmes réguliers de reboisement. Ces valeurs de la production moyenne des plantations artificielles étudiées restent dans l'ensemble assez intéressantes par rapport à celles obtenues dans les peuplements naturels.

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 comme l'élagage et l'éclaircie. En effet les interventions doivent se pratiquer en temps utile pour ne pas compromettre la croissance des sujets considérées comme arbres d'avenir.

References Bibliographiques

AEFCS, 1970 : Plan National de Reboisement au Maroc. Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture, FAO N° AT 2803, Rome, 1970.

AEFCS, 1997: Plan Directeur de Reboisement au Maroc.

Ahizoune A., 1977: Recherche sur la productivité des milieux forestiers dans le Rif occidental (périmètre de Bab-Taza). Mémoire 3° cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.

Aloui A, 2002 : Contribution à l'étude de l'écologie et de la production des principales essences de reboisements au Maroc, mémoire de 3^{ème} cycle-ENFI-Salé

Aït Ben Haddou A., 1988: Contribution à l'étude de la productivité du pin maritime de montagne (*pinus pinaster variété maghrebiana*) dans le massif de Bou Iblane (Moyen Atlas oriental)

Alder D., 1980: Estimation des volumes et accroissements des peuplements forestiers. Volume 2 : Etude et prévisions de la production. Etude F.A.O. ;Forêts 22/2, Rome.229 p.

Arbonnier P., 1964: Construction, contrôle et possibilité d'utilisation de tarifs de cubage à double entrées. Application au pin laricio de Corse en Sologne. Ann. Sci. Forest., 4, 525-593.

Belghazi B., 1983: Contribution à l'étude de l'écologie et de la productivité de pin d'Alep (*Pinus halepensis mill*) dans le versant Nord du Haut Atlas (forêt de Tamga) (thèse universitaire Sc tech Languedoc)

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 es-sciences agronomiques, Mémoire 3° cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.

Ben Massaoud M., 1987: Contribution à l'étude de la productivité du pin maritime de montagne (*pinus pinaster var. maghrebiana*) dans le Rif central, Mémoire 3° cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.

Berhili H, 1994: Etude du comportement et modélisation de la production de *pinus halepensis mill* en peuplements artificiels dans l'oriental

Bouchon J., 1974: Les tarifs de cubage. Inst. Nat. Rech. Forest., Engref, Nancy, 135 p.

Boudy P., 1950: Economie forestière nord-africaine. Monographie et traitement des essences forestières 2^{ème} fascicule. Tome II.

Cailliez E., 1980: Estimation des volumes et accroissements des peuplements forestiers. Vol. 1, estimation des volumes. Etude FAO : Forêts, 22/ 1, Rome, 98 p.

Debazac E.F, 1964: Manuel des conifères. Ecole nationale des eaux et forêts. Nancy.

Décourt N., 1967: Le Douglas dans le Nord-est du Massif central. Tables de production provisoires. Ann. Sci. Forest., 24 (1), 45-84.

Décourt N., 1973a: Protocole d'installation et de mesure des placettes de production semi-permanentes. Station de sylviculture et de production CNRF (INRA) 5430. Champenoux-Einville.

Ezzahiri M, 1982: Contribution à l'étude du comportement de *Pinus halepensis mill* dans les reboisements de Rommani, Mémoire 3° cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.

Haffane M, 1982: Contribution à l'étude du comportement de *Pinus Halepensis* dans les reboisements de Zoumi Mokrissat, Mémoire 3° cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.

Hamrouch M., 1997: Etude du comportement et modélisation de la production du pin maritime (*Pinus pinaster* ATT) en peuplements artificiels dans la Mâamora, Mémoire 3^o cycle, E.N.F.I. Salé

Kadid B., 1987: Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Office des publications universitaires Alger, 581 p.

Knockaert C., et Rondeux J., 1979: Tarif de cubage pour *l'Eucalyptus camaldulensis* (peuplements de première génération) et pour le *Pinus pinaster* var. *atlantica* en forêt de Mâamora. Ann. Rech. Forest. Au Maroc, tome 19, 401-416.

Laboudi A, 1992: Etablissement des tables de production pour le pin d'Alep (*Pinus Halepensis* mill) dans les reboisements de Tetouen (IAV)

Lafkihi M, 1992: Modélisation de la croissance et de la production des reboisements de P.A dans la forêt de l'Achemech (2889), Mémoire 3^o cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.

Loisel R., 1976: Place et rôle des espèces du genre de *Pinus* dans la végétation du Sud-est méditerranéen français. Ecol. Medit. 2, 131-152.

M'Hirit O., 1982: Etude écologique et forestière des cédraines 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.

Messat S., 1977: Tables de rendement et modèle de simulation de la croissance du pin gris (*Pinus banksiana lamb.*) en forêt naturelle au Québec. M. S. Faculté de foresterie et de géodésie LAVAL. Québec., 106 p.

Nahal I., 1962: Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Ann. Sc. Eaux et Forêts, Nancy, tome XIX, fasc. 4, pp : 1-208.

Oukaja A., 1981: Contribution à l'étude du comportement de *pinus pinaster soland* var. *maghrebiana* dans les reboisements du massif de Tazzeke. Mémoire de 3^o cycle agronomique, I.A.V. Hassan II, Rabat. 112 p.

Popovich S., 1980 : Volume par unité de surface terrière comme moyen d'évaluer la productivité des stations et de la production des plantations d'épinette blanche au Québec. Can. Journal Forest. Res., 4 (1), 127-137.

Quezel et al., 1988: Contribution à l'étude des groupements préforestiers et des matorrals rifains. Ecol. Medit., 14 (1/2), 77-122.

Quezel P, 1980 : Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. in : Pesson

p, actualités écologiques forestières, sol, flore, faune.

Quezel P., 1979: La région méditerranéenne, in Pesson A., Actualité d'écologie forestière, GAUTIER- VILLARS, Paris, 205-255.

Quezel P., 1985: Forêt méditerranéenne, tome XIII, numéro 3, spéciale pin d'Alep.

Saqrane R., 1992: Contribution à l'étude des relations station-production et dynamique du pin maritime de montagne (*pinus pinaster soland* var. *maghrebiana* nob. H. Del Villar) dans le Rif occidental et oriental. Mémoire 3^o cycle, E.N.F.I. Salé

Sauvageot A., 1980: Contribution à l'étude de la nutrition minérale de quelques résineux au Maroc. Ann. Rech. Forest. au Maroc, tome 20.