

Dynamique de la croissance juvénile du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) sous deux techniques de reboisement dans la zone subhumide du Cap-Bon tunisien.

par Mohamed Habib SNANE*, Mohamed MECHERGUI* et Elies HAMZA*

Introduction

Le pin d'Alep est l'essence forestière la plus répandue en Tunisie étant donné son comportement plastique vis-à-vis du climat et du sol. Il couvre plus de 200.000 ha de forêts naturelles sur des sols à substrat calcaire, marneux ou gréseux avec un climat méditerranéen allant de l'aride supérieur au subhumide.

Le forestier tunisien s'est beaucoup intéressé à ces forêts en aménageant plus de 175.000 ha sans pour autant lui accorder autant d'importance dans les programmes de reboisement et de recherche. Bien au contraire, on a toujours cherché à lui substituer d'autres espèces (*Eucalyptus*, *Pinus pinea*, *Pinus brutia*) considérées plus productives dans les programmes de reboisement en dehors des forêts aménagées, partout où les conditions climatiques tendent vers le subhumide.

En effet, la plupart des études sur le pin d'Alep en Tunisie estiment sa production inférieure à $1,5 \text{ m}^3/\text{ha/an}$ dans les meilleures stations, alors qu'en France cette productivité annuelle en bois fort peut atteindre les 4 m^3 (J. Pardé 1957). Cependant si des études concernant

cette espèce existent pour des stations semi-arides en Tunisie (Ben Salem B., Tschinkel H., 1975, Stone E.C. 1970), celles concernant les zones subhumides sont encore très rares en Tunisie pour pouvoir tirer des conclusions sur les possibilités productives du pin d'Alep. Néanmoins la réussite spectaculaire des plantations mécanisées de cette espèce dans la zone subhumide du Cap-Bon tunisien (Agrocombinat Oued Labid), nous a incité à conduire un suivi de ces plantations dont nous exposons les premiers résultats qui constituent une contribution à la connaissance du comportement de l'espèce sous deux techniques de reboisement.



Photo 1 : Vue générale des plantations de pin d'Alep réalisées dans l'agro combinat d'Oued Labid en Tunisie.

Photo M-H.S.

* Institut national agronomique de Tunis
43 avenue Charles Nicolle - 1082 Tunis -
Tunisie

Protocole expérimental

Notre expérimentation a consisté dans le suivi des lignes de plantation de pin d'Alep effectuée au mois de mars 1987 suivant deux techniques. Ces deux techniques comportent un défrichement identique du maquis avec un décapage de 2 à 3 cm de sol avec la lame du bulldozer, suivi pour la première technique par deux rippages croisés avec les rippers du bulldozer jusqu'à 60cm de profondeur et pour la deuxième technique par un labour profond de 90 cm à la charrue défonceuse dans le sens de la pente et un nivellation des sillons avec la lame débroussailleuse du bulldozer. La plantation a été effectuée manuellement pour les deux méthodes avec une densité de 1966 plants par hectare.

Une ligne de 27 pins d'Alep a été suivie sur la parcelle rippée à sol gréseux profond homogène. Sur la parcelle labourée, dont le sol est hétérogène, nous avons suivi deux lignes de plantation de 42 et 40 pins d'Alep choisis respectivement dans les zones à sol gréseux profond et à encroûtement calcaire superficiel. En plus du suivi de la croissance de la hauteur et du diamètre de la cime des arbres sur ces lignes, nous avons effectué des mesures gravimétriques de l'humidité du sol à l'amont et à l'aval des deux lignes de plantation à sol gréseux profond respectivement sur la parcelle rippée et labourée dont la pente moyenne est d'environ 15%.

sur le sol gréseux profond. Il apparaît que le labour est plus favorable à la croissance des arbres que le rippage. Les arbres des deux parcelles rippées et labourées n'ont pas commencé à réduire leur vitesse de croissance après une période de 3 ans et 7 mois à partir de la date de plantation. Au cours de cette période, le diamètre de la cime et la hauteur de la tige ont suivi presque le même rythme de croissance.

Néanmoins leur vitesse de croissance était plus rapide pour le labour que pour le rippage durant les 20 premiers mois après la plantation. Cette vitesse s'équilibre pour les deux techniques après cette date. Le démarrage rapide de la croissance en hauteur du pin d'Alep dans la parcelle labourée constitue un avantage certain car il permet au bourgeon terminal d'échapper plus rapidement à la dent des animaux permettant ainsi une mise en défens plus courte de la parcelle.

Néanmoins trois ans après la plantation, le sol de la parcelle labourée sera encore soumis à une érosion hydrique plus intense que celui de la parcelle rippée (Snane et al, 1988) étant donné que la couverture végétale par le maquis

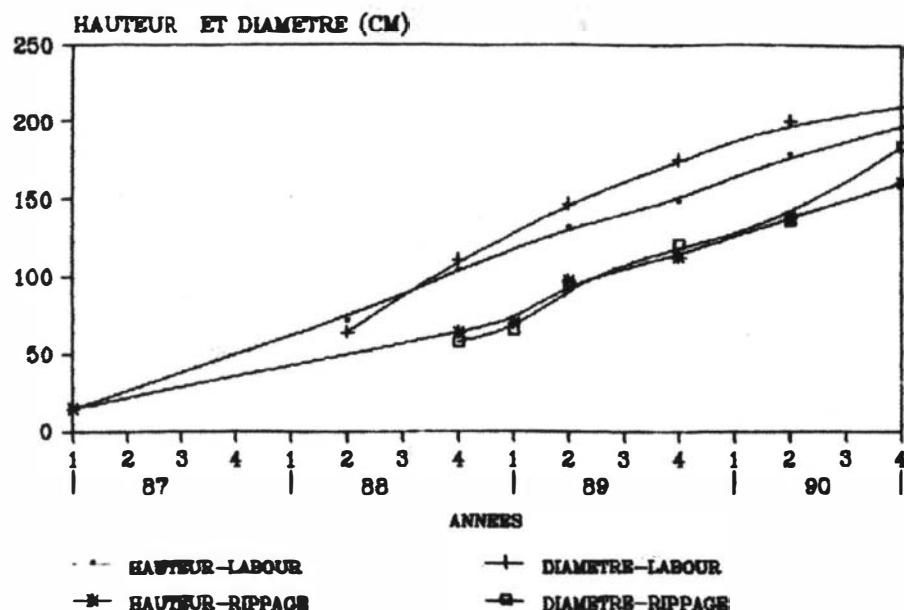


Fig. 1 : Evolution de la hauteur de la tige et du diamètre de la cime du pin d'Alep dans les 4 premières années de plantation avec 2 techniques.

Résultats

1.- Effet sur la croissance des arbres

Le tableau I et la fig. 1 montrent la moyenne de la croissance des arbres

Plantation en mars 87	Labour			Rippage			
	Date de la mesure	Nombre d'arbres	Hauteur (cm)	Ecart type	Nombre d'arbres	Hauteur (cm)	Ecart type
	5/12/88	42	104,7	23,1			
	4/03/89				27	70	20,5
	3/05/89	42	131,4	24,4	27	97,03	15,1
	19/09/89	42	148,5	26,9	27	112,7	20,6
	13/04/90	42	178,9	33,2	24*	138	28,2
	8/11/90	42	197,02	38,8	22*	165	22,9

Tableau I : Moyenne d'écart type de la hauteur des arbres en cm sur le sol gréseux profond des parcelles labourées et rippées.

* La diminution du nombre d'arbres est due à leur dépérissement.

et la cime des arbres était de 70% et 95% respectivement pour le labour et le rippage.

La comparaison des moyennes de la hauteur et du diamètre de la cime des arbres pour les deux techniques montre que leur différence est significative ($P = 0,05$) pour toutes les dates de mesure.

2.- Caractéristiques de la pluviosité et du stock d'eau :

La pluviosité de l'année de plantation (1986-87) a été supérieure à la moyenne de la région (752 mm contre 600 mm). Les deux années suivantes ont vu une pluviosité très en dessous de la moyenne soit 190 mm pour 1987-88 et 312 mm pour 1988-89. L'année agricole 1989-90 a été plus humide avec 507,4 mm. Malgré la sécheresse qui a caractérisé cette période, le pin d'Alep n'a pas montré de signe net d'arrêt ou de réduction de la croissance sur ces sols gréseux profonds, montrant ainsi l'adaptation de cette espèce à la variabilité de la pluviométrie qui caractérise les bioclimats semi-arides et subhumides méditerranéens.

La mesure du stock d'eau dans les 90 cm de profondeur du sol trois fois au cours de cette période montre toujours un stock d'eau plus important dans le sol rippé bien que le maquis ait beaucoup repris dans cette parcelle alors que la parcelle labourée est encore très propre. Il semblerait donc que les racines des arbres se soient mieux développées dans le sol labouré pour utiliser à elles seules en l'absence de toute concurrence du maquis une quantité d'eau du sol plus importante. C'est ainsi qu'au mois de mars 1989 nous avons trouvé un stock d'eau dans

les 90 cm de sol de 150 mm et 165 mm respectivement pour le labour et le rippage, alors qu'au mois de décembre 1989 ce stock a été respectivement de 115 mm et 149 mm.

3.- Variabilité de la croissance

3-1 Effet de la pente

Le tableau II montre que les écarts types de la hauteur des arbres va en augmentant avec l'âge de la plantation d'une part, d'autre part pour un même âge la variation de la hauteur des arbres dans le peuplement est plus importante pour le labour que pour le rippage. En effet, d'après la fig.2 on observe une tendance nette vers un accroissement plus accéléré des arbres situés au bas de la pente. Cette tendance est plus apparente pour les parcelles labourées

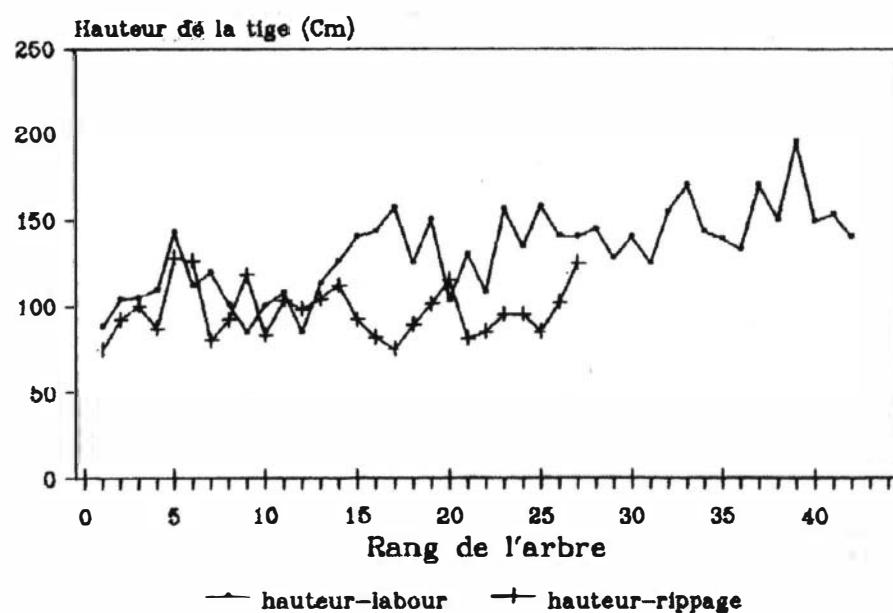


Fig. 2 : Hauteur des pins d'Alep 26 mois après la plantation, le long des 2 transects pris dans le sens de la pente sur les 2 parcelles.

Parcelle labourée : $H = 131,4 \text{ cm}$; $s = 24,4 \text{ cm}$.

Parcelle rippée : $H = 97,03 \text{ cm}$; $s = 15,13 \text{ cm}$.

Période écoulée après la plantation	Hauteur moyenne en cm des 20 arbres de la parcelle labourée situés				Différence 2-1	Hauteur moyenne en cm des 12 arbres de la parcelle rippée situés				différence 4-3		
	(1) à l'amont		(2) à l'aval			(3) à l'amont		(4) à l'aval				
	H	s	H	s		H	s	H	s			
20 mois (5/12/88)	92,7	22,3	115,5	18,3	22,8							
2 ans (4/03/89)						66,1	26,3	78,2	16,3	12		
3 ans (13/04/90)	163,5	33,1	192	29,4	28,5	130,2	26,9	145,8	28,3	15,6		
43 mois (8/11/90)	176,3	35,9	220,3	29,5	44	156,8	20,7	173,2	22,9	16,4		

Tableau II : Hauteur moyenne (H) en cm et écart type (s) des pins d'Alep situés en amont et en aval d'un transect le long de la pente de 15% en fonction du temps pour les deux parcelles labourées et rippées.

que pour les parcelles rippées et commence à s'accentuer avec le temps. En effet le tableau II montre qu'après une période de 20 mois après la plantation la différence des hauteurs entre les arbres situés en aval et en amont de la parcelle labourée était de 22,8 cm. Par contre pour la parcelle rippée cette différence n'a pas dépassé les 12 cm. Cette tendance peut s'expliquer par le fait qu'une partie de l'eau infiltrée à l'amont de la parcelle se dirige vers l'aval plus aisément dans les sillons profonds du labour dans le sens de la pente que dans les fissures croisées et espacées de 80 cm que le ripper a effectuées sur les 60 cm de profondeur du sol d'une part, et d'autre part par la remontée en surface par le labour d'une partie du sous-sol moins fertile. Ainsi après une période de 43 mois après la plantation, la différence entre la hauteur des arbres situés en amont et en aval de la parcelle rippée cesse d'être significative alors que pour la parcelle labourée cette différence continue d'être significative ($P = 0,05$).

3-2 Effet du type de sol

Nous présentons dans le tableau III les mesures moyennes des arbres de la parcelle labourée sur deux lignes espacées et situées sur des sols différents, en l'occurrence gréseux profond et à encroûtement calcaire peu profond pour 20, 36 et 43 mois après la plantation. Ce tableau III montre l'importance de la nature du sol sur la croissance du pin d'Alep dans sa phase de démarrage. Sur les sols calcaires peu fertiles les arbres jeunes ont tendance à développer leur cime plutôt que leur tige.

Cependant le même tableau et la fig. 3 montrent qu'après une période de 20 mois de stagnation de la croissance en hauteur des arbres installés dans l'encroûtement calcaire déterré par le labour profond, ces derniers ont commencé à rattraper leur retard par rapport aux arbres plantés dans le sol gréseux profond. En effet l'accroissement en hauteur entre la période de 20 mois et 36 mois d'âge a atteint les 94,9 cm pour les premiers et 74,2 cm pour les seconds.



Photo 2 : Pins d'Alep âgés de 36 mois plantés sur un sol gréseux avec la technique du labour à 90 cm de profondeur.

Photo M-H.S.



Photo 3 : Pins d'Alep âgés de 36 mois plantés sur un sol à encroûtement calcaire superficiel avec la technique du labour à 90 cm de profondeur.

Photo M-H.S.

Type de sol	sol griséoux profond		sol à encroûtement calcaire		différence	
Nb. d'arbres	42		40			
Période après la plantation	H	D	H	D	H	D
20 mois	104,7	114,2	20,9	70	83,8	44,2
36 mois	178,9	198,3	115,9	141,8	64,1	56,5
43 mois	197	209,8	133	179,4	64	30,4
Accroissement en 16 mois	74,2	84,1	94,9	71,8		
Accroissement en 23 mois	92,3	95,6	112,1	109,4		
Accroissement entre 16 et 23 mois	18,1	11,5	17,2	37,6		

Tableau III : Etat de la croissance du pin d'Alep en hauteur (H) et en diamètre (D) sur deux types de sol et pour trois périodes après la plantation dans la parcelle labourée (en cm).

Cependant entre la période de 36 mois et 43 mois cet accroissement a été presque le même pour les deux types de sol avec des valeurs respectives de 17,2 et 18,1 cm.

Cet accroissement est dû surtout au développement des branches latérales car un état de dormance suivi parfois d'un dessèchement du bourgeon terminal a été observé sur une grande partie des 40 arbres de la ligne plantée dans l'encroûtement calcaire pendant la phase de 20 mois d'installation des arbres qui ont alors continué à développer leur système racinaire. Ceci leur a permis non seulement de résister à la période de sécheresse mais aussi de s'accroître par l'intermédiaire des rameaux latéraux. Ainsi l'accroissement du diamètre de la cime des arbres a atteint entre la période de 20 et 43 mois d'âge, la moyenne de 109,4 et 95,6 cm respectivement pour l'encroûtement calcaire et le sol

gréseux profond. Stone (1970) a montré qu'il existe une relation entre le développement du bourgeon terminal du pin d'Alep et la quantité de froid reçu. Néanmoins, étant donné que les bourgeons terminaux des arbres sur les deux types de sol se sont comportés différemment bien qu'ils aient reçu la même quantité de froid, d'autres facteurs liés aux caractéristiques chimiques et physiques du sol pourraient mieux expliquer cette différence. Par conséquent, la remontée à la surface d'un sous-sol peu fertile par le labour profond pourrait être défavorable au développement initial des arbres puisque trois ans après la plantation la différence significative dans la hauteur des arbres dans les parcelles rippées et celles labourées avec la remontée de l'encroûtement calcaire a été de 22,5 cm ($P= 0,05$).

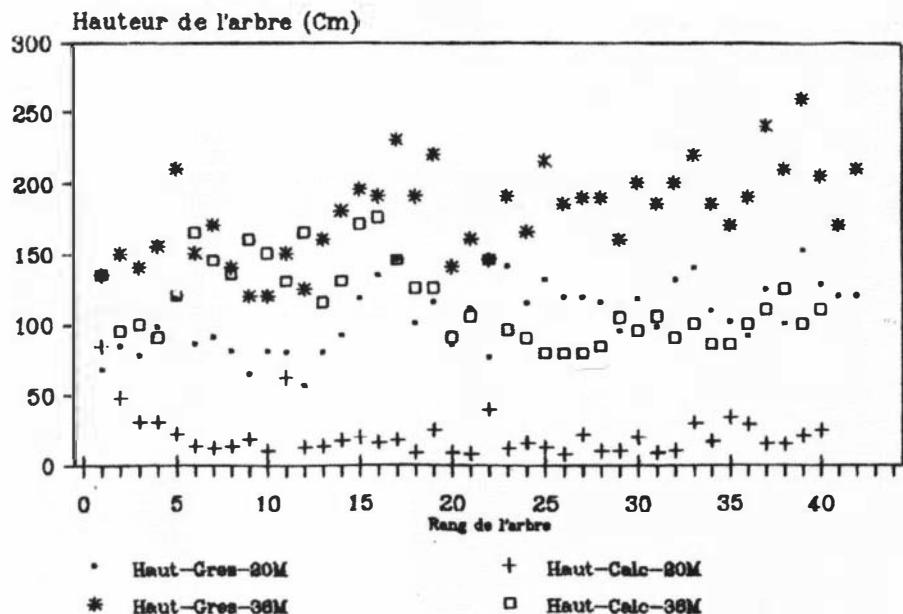


Fig. 3 : Hauteur des arbres de pin d'Alep 20 mois et 36 mois après la plantation dans une parcelle labourée pour 2 types de sol.



Photo 4 : Pins d'Alep âgés de 36 mois plantés sur un sol gréseux avec la technique du rippage à 60 cm de profondeur.
Photo M-H.S.



Photo 5 : Pins d'Alep âgés de 43 mois plantés sur un sol grisé avec la technique du labour à 90 cm de profondeur.
Photo M-H.S.

Conclusion

Le labour profond avec la charrue défonçante a un effet plus bénéfique sur la croissance du pin d'Alep que le rippage au cours des deux premières années par suite de l'amélioration physique du volume de sol exploité par ses racines. Cependant si les risques de déterrement par le labour d'un sous-sol peu fertile existent, le rippage donne un peuplement plus performant et homogène. L'hypothèse d'une éventuelle interaction entre le froid, l'alimentation minérale et la dormance ou dessèchement des bourgeons terminaux observés reste à vérifier.

M.-H.S., M.M., E.H.

Remerciements :

Les auteurs remercient l'office des terres domaniales de Tunisie et le projet OTD-FINFOR qui nous ont offert l'opportunité de pouvoir effectuer cette étude.

Bibliographie

- Ben Salem B. 1975. La régénération artificielle par plantation dans la forêt d'Oum Djeddour. Compte rendu des journées d'information. Inst. Nat. Rech. For. Tunisie.
- Pardé J. 1957. La productivité des forêts de pin d'Alep en France. Annales ENEF. B. p. 367-419.

Stone E.C. 1970. Reboisement dans les régions humides, subhumides et semi-arides de Tunisie. Inst. Nat. Rech. For. de Tunisie. Rapport de mission.

Snane M.H., Mechergui M., Hamza E., 1988. Application de la méthode des sous-facteurs pour l'estimation de l'impact de certaines techniques de reboisement sur l'érosion du sol dans les zones subhumides de la Tunisie. Forêt méditerranéenne. t.X, N° 2.

Tschinkel H. 1975. Actions sur l'humidité du sol et ses effets sur la régénération. Compte rendu des journées d'information. Inst. Nat. Rech. For. Tunisie.

Résumé

Le comportement végétatif du pin d'Alep a été étudié pour deux techniques de plantation et deux types de sol sous des conditions climatiques méditerranéennes subhumides. Ces deux techniques comportent un défrichement identique du maquis avec la lame du bulldozer suivi pour la première par deux rippages croisés jusqu'à 60 cm de profondeur et pour la deuxième par un labour profond de 90 cm à la charrue défonçante et un nivellement des sillons avec la lame débroussailleuse du bulldozer.

Il apparaît que le labour est plus favorable à la croissance des arbres que le ripage en accélérant la vitesse de croissance des arbres durant les 20 premiers mois qui suivent la plantation sur les sols gréseux profonds. Cette vitesse s'équilibre avec celle du ripage dans la période suivante. Néanmoins, sur les sols à encroûtement calcaire superficiel les résultats s'inversent car l'encroûtement calcaire ramené à la surface du sol par le labour a réduit la vitesse de croissance des jeunes plants. Dans de telles conditions la croissance des pins d'Alep dans le ripage devient supérieure à celle du labour, et la différence de la hauteur des plants reste significative même 43 mois après la plantation ($P = 0,05$). Les pins d'Alep plantés dans les conditions édaphiques peu fertiles de l'encroûtement calcaire ont montré une certaine dormance parfois suivie d'un dessèchement du bourgeon terminal tandis que leurs racines et rameaux latéraux ont continué à se développer normalement leur permettant d'accélérer leur croissance en hauteur après une stagnation de 20 mois environ.

Cependant la variabilité du développement des arbres dans le peuplement est plus apparente avec le labour qu'avec le ripage par suite d'un écoulement d'eau hypodermique plus intense le long de la pente du sol labouré d'une part, et d'autre part de la remontée en surface d'une partie du sous-sol peu fertile. Ainsi après une période de 43 mois après la plantation la différence entre la hauteur des arbres situés en amont et en aval de la parcelle ripée cesse d'être significative alors que pour la parcelle labourée cette différence continue d'être significative.

Par ailleurs malgré une pluviosité bien en dessous de la moyenne des conditions subhumides méditerranéennes, le pin d'Alep s'est bien développé démontrant encore une fois la plasticité de cette espèce et son adaptation à la variabilité interannuelle de la pluviométrie.

Summary

The growing of *Pinus halepensis* trees has been studied for two plantation techniques and two soils in a mediterranean subhumid area of Tunisia. Following scrubs cutting with the bulldozer blade, a deep sandy soil field has been tilled with 60 cm deep rippers in the first technique whereas in the second technique, moldboard

plowing to 90 cm soil depth was done in another field having two soil types : a deep sandy soil and a soil with a shallow calcareous pan. The growth rate of trees was higher for the second technique than for the first one during the first 20 months following plantation in deep sandy soil whereas some terminal buds dormancy or drying has occurred on many trees planted in the low fertility calcareous soil resulting in a lower growth rate compared to the deep sandy soil for both techniques. Nevertheless on this calcareous soil, plant roots and lateral shoots have continued to grow normally allowing the trees to take over after this 20months stagnation period in their growth cycle. But trees height is still significantly bigger for trees planted on deep sandy soil for both techniques than for the plowed calcareous soil after a 43 months growing period.

Although growth rate starts to be the same for both techniques on deep sandy soil after the first 20 months growing period, there is more variation in trees dimensions within the field planted with the second technique than with the first one. This is mainly due to the underground runoff water caused by deep plowing in one hand, and to the subsequent pulling out of some low fertility subsoil on the other hand.

Moreover, although rainfall amount was well below the average for the area, *Pinus halepensis* has been growing well showing that it is an adapted species to rainfall variability.

Riassunto

Il comportamento vegetativo del Pino d'Aleppo è stato studiato con due diverse tecniche di piantagione in due tipi di suolo con delle condizioni climatiche mediterranee sub-umide. Queste due tecniche prevedono : un decespugliamento della macchia con una lama da bulldozer seguita da una rippatura incrociata alla profondità di 60 cm, oppure un'aratura profonda con un aratro da scasso alla profondità di 90 cm. Dopo questa operazione (aratura) segue il livellamento del terrano a curve di livello fatto con una lama spietratrice.

Si è constatato, nei suoli ricchi di gres e profondi, che l'aratura è più favorevole alla crescita delle piante rispetto alla rippatura poiché accelera la velocità di crescita degli alberi durante i primi 20 mesi che seguono la piantagione. Questa velocità di crescita si equilibra con quella dei terreni ripati dopo i 20 mesi di piantagione. Cio nondimeno, sui suoli calcarei, i risultati si invertono, poiché l'aratura riporta in superficie una parte del calcare che riduce la velocità di crescita delle giovani piantine.

In queste condizioni la crescita del Pino d'Aleppo, piantato su terreni ripati, diventa superiore a quella dei terreni arati e la differenza dell'altezza delle piante resta significativa anche all'età di 43 mesi dopo la piantagione ($P = 0,05$). Le piante di Pino d'Aleppo piantate in condizioni di terrano poco fertile, con forte concentrazione di calcare, hanno dimostrato una certa dormienza seguita qualche volta da un dissecamento del germoglio terminale ; mentre le radici e i rami laterali hanno continuato a svilupparsi normalmente. Cio ha permesso di accelerare la crescita in altezza dopo una fase di dormienza di circa 20 mesi.

La variabilità dello sviluppo degli alberi nella piantagione è più apparente nelle zone arate che nelle zone ripate, ciò è dovuto allo scoreimento dell'acqua verso il basso nello strato lavorato e alla risalita in superficie di una parte del suolo profondo poco fertile.

Così, dopo un periodo di 43 mesi dalla piantagione, la differenza tra l'altezza degli alberi situati a monte e a valle della particella ripata cessa di essere significativa ($P = 0,05$) per contro nella particella arata questa differenza continua ad essere significativa.

Tra l'altro, malgrado una pluviometria molto al disotto della media nelle condizioni mediterranee sub-umide, il Pino d'Aleppo si è ben sviluppato, dimostrando ancora una volta la plasticità di questa specie e la sua adattabilità alla variabilità pluviometrica annuale.