CIHEAM
Options Méditerranéennes

Mycorhization et application de compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de Quercus ilex ssp. ballota en milieu sec

Valdecantos A., Cortina J., Seva J.P., Bellot J., Vilagrosa A., Vallejo V.R.

La mycorhization des plantes forestières en milieu aride et semi-aride et la lutte contre la désertification dans le bassin méditerranéen

Zaragoza : CIHEAM
Cahiers Options Méditerranéennes; n. 20

1996
pages 105-121

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=96605782

To cite this article / Pour citer cet article

Valdecantos A., Cortina J., Seva J.P., Bellot J., Vilagrosa A., Vallejo V.R. **Mycorhization et application de compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de Quercus ilex ssp. ballota en milieu sec.** *La mycorhization des plantes forestières en milieu aride et semi-aride et la lutte contre la désertification dans le bassin méditerranéen .* Zaragoza : CIHEAM, 1996. p. 105-121 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 20)

CIHEAM

http://www.ciheam.org/
http://om.ciheam.org/

CIHEAM

Mycorhization et application de compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en milieu sec

J.P. SEVA
DEPT. D'ECOLOGIA
UNIV. D'ALACANT
APDO. 99
03080 ALACANT
ESPAGNE

J.CORTINA
DEPT. D'ECOLOGIA
UNIV. D'ALACANT
APDO. 99
03080 ALACANT
ESPAGNE

A. VILAGROSA
CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES
DEL MEDITERRANEO (CEAM)
UNIV. D'ALACANT
APDO. 99
03080 ALACANT
ESPAGNE

V.R. VALLEJO
CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES
DEL MEDITERRANEO (CEAM)
PL. CARMEN 4 (PALACIO PINEDA)
46003 VALENCIA
ESPAGNE

A. VALDECANTOS
DEPT. D'ECOLOGIA
UNIV. D'ALACANT
APDO. 99
03080 ALACANT
ESPAGNE

J. BELLOT
DEPT. D'ECOLOGIA
UNIV. D'ALACANT
APDO. 99
03080 ALACANT
ESPAGNE

RESUME - On a évalué l'effet de la mycorhization contrôlée en pépinière et l'application du compost sur la mortalité et sur la biomasse aérienne et souterraine des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur le terrain. Les semis ont été plantés en climat thermo-méditerranéen sec, sur roche-mère calcaire et marneuse. Après deux années sur le terrain, le chêne vert a montré une mortalité relativement haute (42-70%) qui est indépendante de l'effet du type de la roche-mère. L'application du compost a présenté un effet négatif sur la survie et la croissance de *Q. ilex* ssp. *ballota*, probablement à cause de la compétition avec des plantes voisines. La mycorhization contrôlée en pépinière n'avait aucun effet sur la biomasse aérienne des semis. La survie des semis mycorhizés en pépinière était plus haute, mais la différence n'était pas statistiquement significative.

Mots-clés : *Quercus ilex* ssp. ballota, chêne vert, racines, compost urbain, mycorhization, climat méditerrannéen.

SUMMARY - *"Mycorrhization and application of urban compost to improve survival and growth of seeds of* Quercus ilex *spp.* ballota *in dry environments". We have assessed the effect of controlled mycorrhizal infection in the nursery and the application of urban compost on the survival and on the aboveground and belowground biomass of* Quercus ilex *ssp.* ballota *seedlings planted in the field. They were planted on limestone and marls, under dry thermo Mediterranean climate. After two years* Quercus ilex *ssp.* ballota *seedlings mortality was relatively high (42-70%) and was not affected by bedrock. Compost had a negative effect on the survival and growth of seedlings, probably due to the interspecific competition. Controlled mycorrhizal infection showed no effect on the aboveground biomass of the seedlings. Mortality of the seedlings treated with mycorhizal fungi was lower, although the difference was not statistically significant.*

Key words: Quercus ilex *ssp.* ballota, *holm oak, roots, urban compost, mycorrhization, Mediterranean climate.*

Introduction

Le reboisement dans la Région Méditerranéenne sèche a augmenté énormement pendant les dernières années pour deux raisons. La première, comme conséquence de la transformation des terrains agricoles en terrains forestiers, transformation qui a été favorisée par la Politique Agricole de la Communauté Européenne (PAC). La deuxième, à cause du besoin de restauration des écosystèmes dégradés après une perturbation humaine séculaire.

Dans le premier cas, ce sont surtout les essences de feuillus méditerranéens à croissance lente qui sont favorisées. Pour le reboisement des terrains dégradés il faut choisir des arbres et arbrisseaux adaptés aux conditions sèches, capables de résister à un certain niveau de perturbation et qui aient une faculté de colonisation rapide du terrain. Le chêne vert (*Quercus ilex*) peut être recommandé dans les deux cas du moment que c'est une essence typiquement méditerranéenne, favorisatrice du développement d'un environnement forestier, de la biodiversité et à faculté de rejet de souche après une perturbation telle que la coupe, le feu ou le pâturage.

Cependant, le reboisement avec le chêne vert n'a pas été facile à cause de la mortalité souvent élevée des semis plantés sur le terrain. A titre d'exemple, V.R. Vallejo et ses collaborateurs (CEAM, 1995) ont observé qu'une année après le reboisement, la survie des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés en 1994 (une année particulièrement sèche) était au-dessous de 30% (sur roche-mère marneuse) et même nulle (sur roche-mère calcaire).

Il est bien connu que les essences du genre *Quercus* peuvent développer très tôt un grand système racinaire qui permet au semis de profiter des ressources du sol, particulièrement de l'eau (Kozlowski *et al.*, 1991). Dans la pépinière on peut favoriser cette adaptation permettant le développement complet du système racinaire (CEAM, 1995). Mais on peut aussi accroître la quantité de ressources disponibles pour le semis par d'autres méthodes comme la mycorhization contrôlée et l'amélioration des conditions physico-chimiques du sol.

Plusieurs études ont montré que la mycorhization peut améliorer la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes et, peut-être, la disponibilité de l'eau (Bowen, 1973 ; Allen, 1991). Ces effets dépendent du type de mycorhize et du type de champignon (Read, 1991). Comme conséquence, plusieurs auteurs ont montré l'existence d'un effet positif de la mycorhization contrôlée sur la croissance des semis plantés au champ (Chalot *et al.*, 1988 ; Browning et Whitney, 1992).

La fertilité du sol est essentielle pour assurer la survie et la croissance des semis plantés sur le terrain. L'utilisation des ordures ménagères urbaines ou compost urbain peut augmenter la fertilité car : (i) le compost est une source d'éléments nutritifs (McCalla et Peterson, 1977) ; et (ii) il peut améliorer les conditions physiques du sol (Díaz *et al.*, 1994 ; Roldán *et al.*, 1994).

Dans cette étude, nous avons évalué l'effet de la mycorhization contrôlée en pépinière et celui de l'utilisation du compost urbain au champ sur la survie et la croissance des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés en climat méditerrannéen sec sur deux types de sol.

Matériel et méthodes

Mycorhization en pépinière

Pour l'inoculation des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota,* on a utilisé l'arrosage avec une suspension de spores des champignons *Pisolithus* sp., *Astraeus* sp. et *Scleroderma* sp. Les semis qui ont été cultivés dans des conteneurs contenant de la tourbe, vermiculite et sable (70 : 20 : 10), étaient âgés d'une saison de croissance au moment de leur plantation. L'inoculation a été faite par le Dr. M. Honrubia et le Dr. P. Torres de l'Université de Murcia (Espagne). Aucun contrôle de la mycorhization après l'inoculation n'a été fait.

Lieu d'étude

Pour cette étude, on a choisi des sites qui ont été récemment incendiés (feu pendant l'été 1991). Le type de roche-mère du sol est calcaire et marneux car ce sont les roches les plus représentées dans la région de Valence. Les sites d'étude ont été toujours installés sur les versants sud et sur des pentes de 20-35° caractérisant les pires conditions d'une récupération du couvert végétal. L'altitude est de 500 à 800 m. Les semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* ont été plantés près de L'Orxa et Simat (province de Alicante et Valencia, respectivement ; roche-mère calcaire) et près de Yátova (province de Valencia ; roche-mère marneuse) en climat de type thermo-méditerranéen sec (température moyenne annuelle : 17-19°C ; pluviométrie moyenne annuelle : 400-500 mm).

Les plantations dans chaque site suivent un dispositif factoriel complet avec deux facteurs : mycorhization contrôlée en pépinière (+M) et application de compost urbain (+C) à deux niveaux (présent/absent). Le nombre de réplications est indiqué dans chaque cas. Des semis additionnels ont été plantés pour déterminer la mortalité et la croissance. Toutes les plantations ont été faites pendant l'hiver 1992/1993 en potets de 40x40x40 cm.

Dans la moitié des potets on a ajouté 1 kg de compost urbain. Le compost, récupéré de la ville de Valence, a les caractéristiques analytiques suivantes : humidité 32,5%, azote total 1,74%, matière organique totale 57,2%, particules avec un diamètre inférieur à 15 mm 100%. Le compost a été mélangé avec de la terre et placé autour des semis de telle façon qu'il soit éloigné au moins de 10 cm de la racine et à une profondeur de 20 cm.

La moitié des semis était mycorhizée en pépinière selon les techniques décrites ci-dessus.

Croissance des semis

A deux occasions (été 1993 et hiver 1994/5) on a mesuré la hauteur et le diamètre à la base de la tige des semis. Avec ces données on a calculé la croissance en hauteur et en diamètre des semis pour cette période. A l'hiver 1994/5 on a déterminé le pourcentage de mortalité des semis (voir Table 1).

Extraction des semis

Tous les semis ont été récoltés pendant l'été 1995. Chaque fois que possible, on a utilisé un cylindre métallique de 50 cm de hauteur et 35 cm de largueur qui a été enfoncé dans le sol avec un marteau pneumatique pour extraire les semis. Ils ont été ramenés au laboratoire où ils ont été séparés de la terre, des racines d'autres semis et plantes, sous la pression des jets d'eau.

Dans les sites L'Orxa et Simat la présence des roches calcaires près de la surface du sol a empêché l'utilisation du cylindre. Dans ce cas, on a appliqué le jet d'eau au champ. Les deux méthodes employées étaient assez douces avec les racines garantissant la recolte de la plupart des systèmes racinaires. Cependant, l'utilisation de méthodes différentes nous a empêchés de faire des comparaisons entre le système racinaire des semis plantés sur calcaire et celui des marnes.

Une fois les semis extraits du sol, on a séparé les racines contenues dans la motte de celles qui avaient colonisé la terre du potet, et dans chaque cas, a été faite la séparation des racines de diamètre supérieur et inférieur à 2 mm. Dans un des sites, L'Orxa, il n'était pas possible de séparer les racines mélangées avec la terre et les mottes. Pour cette raison on a décidé d'analyser séparément les deux sites sur calcaires. Après le séchage des racines à 65ºC, elles ont été pesées.

En ce qui concerne la partie aérienne des plantes, on a déterminé le poids des feuilles vertes et des tiges sèches à 65ºC. On a mesuré aussi la longueur totale des tiges et le diamètre à la base de la tige.

Analyse statistique

Toutes les données ont été transformées pour homogénéiser la variance. Quand il s'agissait de pourcentages, on a appliqué la transformation : arcsin(x+constant)^1/2. Pour le reste des variables on a calculé le logarithme décimal. L'effet des traitements et, dans le cas de la partie aérienne des semis et du pourcentage de mortalité, celui de la roche-mère, ont été évalués par une analyse de variance (Norusis, 1992). Les résultats des analyses sont présentés dans les Annexes I-IV.

Résultats

Le type de roche-mère n'affectait pas la mortalité des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* (55% pour les semis témoins sur calcaire, 58% pour les semis témoins sur marnes), mais l'addition de compost favorisait la mortalité des semis (Table 1 et Annexe I).

La croissance en hauteur de *Quercus ilex* sp. *ballota* entre l'été 1993 et l'hiver de 1994/1995 était plus importante pour les semis plantés sur marnes (Table 2 et Annexe II). Les semis mycorhizés en pépinière et qui avaient reçu du compost montraient une diminution de la longueur de la tige comparés avec ceux qui étaient seulement mycorhizés ou fertilisés. Uniquement le compost avait un effet significatif sur la croissance en diamètre des tiges des semis, mais il était négatif.

Table 1. Pourcentage de mortalité après deux années sur le terrain des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur roche-mère calcaire et marneuse. Traitements correspondant à l'addition de compost urbain (+C), mycorhization contrôlé en pépinière (+M), ou tous deux (+CM)

		Témoin [%]	+C [%]	+M [%]	+CM [%]
Calcaire	X	55.00	58.75	41.99	64.55
	Sn-1	12.50	11.25	16.99	0.45
	N	2	2	2	2
Marnes	X	57.50	64.86	46.76	69.79
	Sn-1	15.00	0.15	0.61	7.72
	N	2	2	2	2

Table 2. Croissance en hauteur et diamètre à la base de la tige des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur roche-mère calcaire et marneuse (été 1993-hiver 1994/1995). Pour la dénomination des traitements voir Table 1

			Hauteur (cm)		Diàmetre (cm)	
		N	X	Sn-1	X	Sn-1
Calcaires	Témoin	16	1.18	1.36	0.08	0.09
	+C	15	2.76	2.25	0.02	0.11
	+M	26	2.07	2.57	0.05	0.07
	+CM	11	2.41	2.30	0.06	0.07
Marnes	Témoin	15	2.60	3.64	0.09	0.10
	+C	18	3.36	2.22	0.04	0.08
	+M	21	4.17	2.57	0.10	0.10
	+CM	14	2.40	2.52	0.02	0.05

Le type de roche-mère avait aussi un effet sur la biomasse aérienne du chêne vert. Dans ce cas la biomasse des feuilles, des tiges, totale, et l'hauteur des semis étaient plus grandes dans les semis plantés sur marnes (Table 3 et Annexe III). Les deux traitements avaient un effet sur la biomasse des feuilles, mais seulement l'interaction roche mère x compost était significative. Ainsi, le résultat de l'application de compost à Orxa était positif, à Simat il était négligeable et à Yátova, sur marnes, il était négatif.

Table 3. Biomasse souterraine et aérienne des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur calcaire (site L'Orxa et Simat) et marnes (site Yátova). Les paramètres mesurés dans les racines extérieures (RE) et intérieures (RI) à la motte et totales sont : RE<2, RI<2, biomasse des racines fines ; RE>2, RI>2, biomasse des racines grosses ; RE/RI, rapport racines extérieures : racines intérieures à la motte ; BS, biomasse souterraine totale ; RA : racines d'autres plantes. Et pour la partie aérienne du semis : LT, longueur de la tige ; DT, diamètre de la tige ; BF, biomasse des feuilles ; BT, biomasse des tiges ; BA, biomasse aérienne totale ; BS/BA, rapport biomasse souterraine : biomasse aérienne. Dans le site L'Orxa on ne pouvait pas séparer les racines intérieures et extérieures à la motte : RI correspondant dans ce cas aux racines totales.

		RE<2 [g]	RE>2 [g]	RI<2 [g]	RI>2 [g]	RE/RI	BS [g]	RA [g]
Calcaire (L'Orxa)								
Témoin	X			0.42	2.09		2,50	
	Sn-1			0.16	0.66		0.59	
	N			4	4		4	
+C	X			0.48	3.8		4,29	
	Sn-1			0.17	1.46		1,44	
	N			4	4		4	
+M	X			0.93	3.15		4,08	
	Sn-1			0.15	1.12		1,04	
	N			4	4		4	
+CM	X			0.66	1.81		2,47	
	Sn-1			0.36	0.63		0.91	
	N			4	4		4	

Table 3. (suite)

		RE<2 [g]	RE>2 [g]	RI<2 [g]	RI>2 [g]	RE/RI	BS [g]	RA [g]
Calcaire (Simat)								
Témoin	X	0.19	0.08	0.60	2.19	0.10	3,07	7.76
	Sn-1	0.33	0.18	0.38	0.69	0.14	0.75	7.97
	N	6	6	6	6	6	6	6
+C	X	0.22	0.02	0.25	1.66	0.14	2,15	24.14
	Sn-1	0.08	0.04	0.16	0.50	0.07	0.63	10.66
	N	6	6	6	6	6	6	6
+M	X	3.01	0.15	0.36	2.39	1,32	5,90	8.40
	Sn-1	2.25	0.23	0.14	0.84	1,12	2,26	6.93
	N	6	6	6	6	6	6	6
+CM	X	0.41	0.49	0.44	1.95	0.24	3,09	18.55
	Sn-1	0.65	0.81	0.29	0.50	0.39	1,78	11.79
	N	5	3	5	5	5	5	5

		RE<2 [g]	RE>2 [g]	RI<2 [g]	RI>2 [g]	RE/RI	BS [g]	RA [g]
Marnes (Yatova)								
Témoin	X	0.76	1.38	0.34	5.81	0.34	8.28	17.06
	Sn-1	0.31	1.76	0.23	5.34	0.15	7.16	10.59
	N	8	8	8	8	8	8	8
+C	X	0.30	0.75	0.60	3.76	0.25	5.40	32.56
	Sn-1	0.16	0.40	0.42	1.03	0.11	1.32	15.09
	N	9	9	9	9	9	9	9
+M	X	0.66	1.03	0.55	4.55	0.34	6.79	12.96
	Sn-1	0.30	0.94	0.29	2.10	0.21	2.51	9.90
	N	8	8	8	8	8	8	8
+CM	X	0.13	0.72	0.37	3.14	0.21	4.36	31.98
	Sn-1	0.16	0.82	0.22	1.24	0.21	1.94	7.04
	N	8	8	8	8	8	8	8

Table 3. (suite)

		LT [cm]	DT [cm]	BF [g]	BT [g]	BA [g]	BS/BA
Calcaire (L'Orxa)							
Témoin	X	13.88	0.44	0.61	0.64	1.25	2.02
	Sn-1	3.66	0.03	0.19	0.14	0.26	0.43
	N	4	4	4	4	4	4
+C	X	18.75	0.51	1.99	1.26	3.25	1.47
	Sn-1	2.50	0.07	1.37	0.51	1.88	0.52
	N	4	4	4	4	4	4
+M	X	15.63	0.52	1.10	0.90	1.99	2.21
	Sn-1	2.29	0.02	0.67	0.29	0.96	0.56
	N	4	4	4	4	4	4
+CM	X	16.38	0.45	0.87	0.93	1.80	1.52
	Sn-1	4.40	0.07	0.42	0.41	0.80	0.56
	N	4	4	4	4	4	4
Calcaire (Simat)							
Témoin	X	18.17	0.52	0.73	1.26	1.99	1.73
	Sn-1	5.64	0.16	0.43	0.42	0.82	0.63
	N	6	6	6	6	6	6
+C	X	16.45	0.47	0.51	0.67	1.18	1.91
	Sn-1	6.82	0.14	0.19	0.21	0.21	0.82
	N	6	6	6	6	6	6
+M	X	20.58	0.46	0.81	1.09	1.90	3.50
	Sn-1	3.02	0.07	0.35	0.26	0.55	2.13
	N	6	6	6	6	6	6
+CM	X	17.70	0.49	0.47	0.74	1.21	1.98
	Sn-1	2.68	0.09	0.24	0.16	0.38	0.32
	N	5	5	4	4	4	4

		LT [cm]	DT [cm]	BF [g]	BT [g]	BA [g]	BS/BA
Marnes (Yatova)							
Témoin	X	17.58	0.55	2.49	2.46	4.95	1.82
	Sn-1	7.57	0.15	1.42	3.73	4.94	0.58
	N	8	8	8	8	8	8
+C	X	21.79	0.50	1.67	1.48	3.15	1.86
	Sn-1	4.42	0.07	0.79	0.66	1.31	0.46
	N	9	9	9	9	9	9
+M	X	19.06	0.60	1.87	1.54	3.40	2.21
	Sn-1	3.73	0.16	0.85	0.66	1.49	0.94
	N	8	8	8	8	8	8
+CM	X	21.50	0.46	1.26	1.18	2.44	1.90
	Sn-1	4.21	0.11	0.84	0.52	1.23	0.36
	N	8	8	8	8	8	8

En général, la mycorhization contrôlée favorisait la croissance des racines de chêne vert sur calcaire (Fig. 1). Dans le site L'Orxa, il y avait un effet significatif sur les racines fines (rappelons que dans ce site on ne pouvait pas séparer les racines intérieures et extérieures de la motte) (Table 3 et Annexe IV). Dans le site Simat, la mycorhization avait un effet significatif sur les deux fractions des racines extérieures de la motte, et aussi sur la biomasse radiculaire totale. Comme résultat, les semis mycorhizés en pépinière montraient une proportion de racines extérieures plus grande. L'application de compost avait un effet négatif sur la proportion de biomasse souterraine : biomasse aérienne dans L'Orxa. Ce traitement avait aussi un effet négatif sur la biomasse de racines fines (dedans et en dehors de la motte) et sur la biomasse totale des racines des semis plantés à Simat. Par contre, la biomasse de racines d'autres plantes était plus grande dans les potets où on a ajouté du compost.

Dans les semis plantés sur marnes, seule l'application de compost avait un effet significatif, et dans ce cas, il était négatif aussi sur les racines des semis (extérieures à la motte et extérieures totales) et positif sur les racines d'autres plantes.

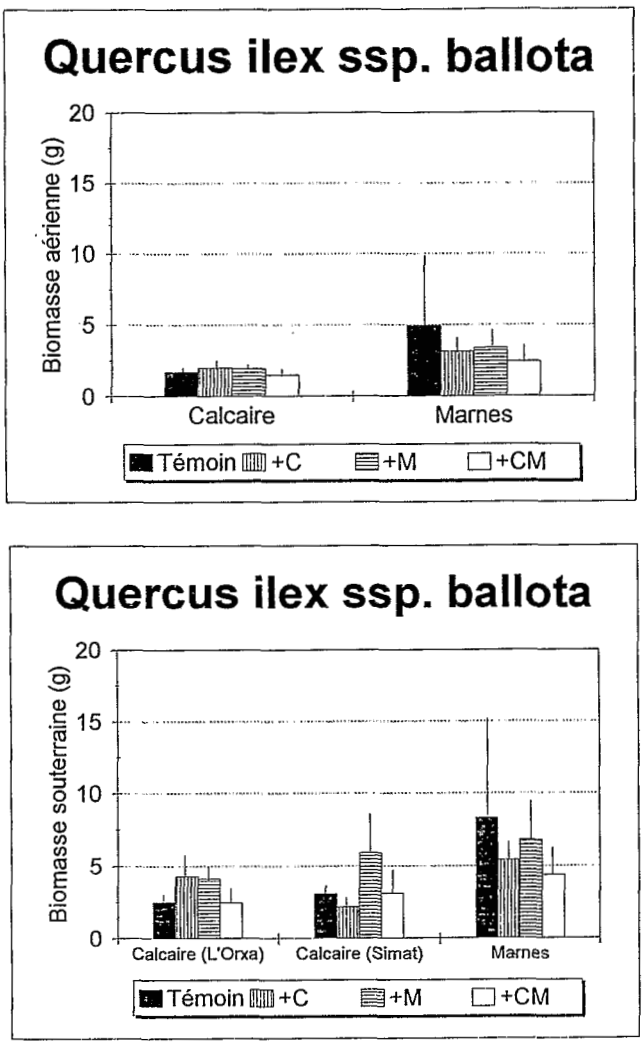

Fig. 1. Biomasse souterraine et aérienne totale des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur roche-mère calcaire (sites L'Orxa et Simat) et marneuse. Une partie des semis recevaient du compost urbain à la plantation (+C), étaient mycorhizés en pépinière (+M), ou tous les deux (+CM).

Discussion et conclusions

On n'observa aucune différence entre le pourcentage de mortalité des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur roche-mère calcaire et sur marnes. Ces résultats s'opposent à ceux de Vallejo et collaborateurs (CEAM, 1995). Ils ont trouvé une meilleure survie des semis de chêne vert plantés sur marnes par rapport au calcaire, même en climat méso-méditerranéen (température moyenne annuelle 13-17ºC) pour rapport au climat thermo-méditerranéen (température moyenne annuelle 17-19ºC). Il semble donc que d'autres facteurs comme la provenance des semis ou les proprietés des sites d'étude (autres que le macroclimat et la roche-mère) aient affecté la survie des semis et aient neutralisé l'effet du type de sol.

D'autre part, la croissance de la biomasse des semis de chêne vert était notablement plus grande dans ces semis plantés sur marnes, ce qui indique la grande fertilité de ce type de sol, probablement comme conséquence d'une grande capacité d'accumulation de l'eau .

L'addition de compost n'avait aucun effet sur la biomasse aérienne finale des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota*, il avait un effet négatif sur la survie et aussi sur la croissance en hauteur et en largeur des tiges des semis plantés sur marnes et un effet négatif sur la biomasse radiculaire (racines fines à L'Orxa, racines totales à Simat, racines extérieures à Yátova sur marnes). Ces résultats sont un peu étonnants vu la capacité du compost d'améliorer les propriétés physico-chimiques du sol (McCalla et Peterson, 1977 ; Díaz *et al.*, 1994 ; García *et al.*, 1994). On peut lier cet effet à la compétition. A Simat (calcaire) et à Yátova (marnes) la biomasse de racines appartenant à d'autres plantes était significativement plus grande quand on ajouta du compost. La biomasse de ces racines avait dans quelques cas un ordre de grandeur plus grand que celui des semis. Plusieurs travaux ont montré qu'il peut y avoir compétition entre les semis et la végétation voisine, et que cette compétition peut affecter la disponibilité en eau pour le semis et aussi sa survie et croissance (Nambiar et Zed, 1980 ; Sands et Nambiar, 1984 ; Amaranthus *et al.*, 1993). Nos données ne sont pas du tout conclusantes, mais elles indiquent que la possibilité de la compétition, favorisée par l'amélioration des conditions du sol, pourrait limiter l'introduction de nouvelles essences dans l'écosystème.

La mycorhization contrôlée en pépinière avait un effet très faible sur la croissance et la biomasse de *Quercus ilex* ssp. *ballota*. Cependant, les semis mycorhizés en pépinière qui avaient été plantés sur calcaire montraient une biomasse des racines extérieures à la motte plus haute (racines qui avaient colonisé le sol). L'importance d'une colonisation rapide du sol pour assurer l'établissement de semis sur le terrain est bien connue (Smit et Van den Driessche, 1992 ; Haase et Rose, 1993). Cette croissance de la biomasse des racines peut justifier la tendance à une plus grande survie dans les semis mycorhizés (tendance qui n'était pas, pourtant, statistiquement significative).

Cependant, Il ne faut pas oublier que l'infectivité du sol pouvait être suffisamment haute pour que la mycorhization contrôlée en pépinière ne montre aucune différence dans le pourcentage des bouts racinaires mycorhizés. Ainsi, Torres *et al.* (1995) ont montré que le pourcentage de mycorhization des semis de *Pinus halepensis* et de *Pinus pinaster* établis à partir de graine était de près de 100%. D'autre part, nous

n'avons trouvé aucune différence entre le pourcentage de mycorhization des semis de *Pinus halepensis* mycorhizés en pépinière et des témoins plantés en milieu semi-aride (Valdecantos *et al.*, 1996). Lansac *et al.* (1995) ont observé une relation positive entre le pourcentage de mycorhization et la croissance des racines dans cinq arbrisseaux méditerranéens. Par contre, ils n'ont trouvé aucune relation entre la biomasse aérienne et le pourcentage de mycorhization.

Dans cette étude nous avons tenté de trouver des techniques permettant d'accroître la survie et la croissance des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur le terrain. Malheureusement, aucun des deux traitements expérimentés n'a présenté de résultats suffisamment positifs. Il est vrai que la mycorhization contrôlée a montré une tendance concernant la survie des semis et la croissance des racines, mais après deux ans du reboisement les différences sont trop minimes pour justifier une application généralisée de cette technique (au moins avec la méthode et les espèces de champignons utilisées dans cette étude). Nous ne savons pas la cause pour laquelle l'application du compost avait un effet négatif sur les semis de chêne vert, mais nos résultats suggèrent qu'il faut considérer la compétition avec d'autres plantes avant d'approuver ou désapprouver cette technique.

Remerciements

La réalisation de cette étude a été rendue possible grâce au financement de la Generalitat Valenciana (Programa de Investigación de las Zonas Afectadas por Incendios Forestales en la Comunidad Valenciana, Projet "Ensayos de Especies Autóctonas y Técnicas de Restauración Forestal") et la C.E.C. DG XII (Projet EV5V-CT94-0475 ; "Reclamation of Mediterranean Ecosystems Affected by Wildfires"). Nous remercions très profondément M. Honrubia et P. Torres, pour sa collaboration à la quantification du niveau de mycorhization ; Badre Tameme Hassani, pour la correction du texte français ; et toutes les personnes qui ont collaboré dans les dures tâches de plantation et de récolte des semis : Manuel Ruiz, Mª Jesús Gras, Martín de Luis, Beatriz Molla, José Emilio Martínez, Susana Maestre et José Hernández.

Références

Allen, M.F. (1991). *The ecology of mycorrhizae*. Cambridge University Press, Cambridge.

Amaranthus, M.P., Trappe, J.M. et Perry, D.A. (1993). Soil moisture, native revegetation, and *Pinus lambertiana* seedling survival, growth and mycorrhiza formation following wildfire and grass seedling. *Restoration Ecology*, Sept. : 188-195.

Bowen, G.D. (1973). Dans : *Ectomycorrhizae - Their Ecology and Physiology.* Marks, G.D. et Kozlowski, T.T. (éds). Academic Press, New York, pp. 151-205.

Browning, M.H.R. et Whitney, R.D. (1992). The influence of phosphorus concentration and frequency of fertilization and ectomycorrhizal development in containerized black spruce and jack pine seedlings. *Can. J. For. Res.,* 22 : 1263-1270.

CEAM (1995). *Ensayo de especies autóctonas y técnicas de restauración forestal.* Programa de Investigación de la Zonas Afectadas por Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana. Informe Final. CEAM, Valencia.

Chalot, M., Battut, P.M., Botton, B., Le Tacon, F. et Garbaye, J. (1988). Recent advances in physiological and practical aspects of ectomycorrhizal effects on tree development. *Acta Oecol. Oecol. Appl.*, 9 : 333-351.

Díaz, E., Roldán, A., Lax, A. et Albaladejo, J. (1994). Formation of stable aggregates in degraded soil by amendment with urban refuse and peat. *Geoderma,* 63 : 277-288.

García, C., Hernández, T., Costa, F. et Ceccanti, B. (1994). Biochemical parameters in soils regenerated by the addition of organic matter. *Waste Management and Research*, 12 : 457-466.

Haase, D.L. et Rose, R. (1993). Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+0 Douglas-fir seedlings of varying root volumes. *Forest Sci.*, 39 : 275-294.

Kozlowski, T.T., Kramer, P.J. et Pallardy, S.G. (1991). *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press Inc., San Diego, 657 pp.

Lansac, A.R., Martín, A. et Roldán, A. (1995). Mycorrhizal colonization and drought interactions of Mediterranean shrubs under greenhouse conditions. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 9 : 167-175.

McCalla, T.M. et Peterson, J.R. (1977). Properties of agricultural and municipal wastes. Dans : *Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters*, Elliot, L.F., Stevenson, F.J. *et al.*, (éds). SSSA-ASA-CSSA, Madison, pp. 11-43.

Nambiar, E.K.S. et Zed, P.G. (1980). Influence of weeds on the water potential, nutrient content and growth of young Radiata Pine. *Aust. For. Res.*, 10 : 279-288.

Norusis, M.J. (1992). *SPSS for Windows*. SPSS Inc., Chicago.

Read, D.J. (1991). Mycorhizas in ecosystems. *Experientia,* 47 : 376-391.

Roldán, A., García-Orenes, F. et Lax, A. (1994). An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biol. Biochem.*, 26 : 1699-1707.

Sands, R. et Nambiar, E.K.S. (1984). Water relations of *Pinus radiata* in competition with weeds. *Can. J. For. Res.*, 14 : 233-237.

Smit, J. and Van den Driessche, R. (1992). Root growth and water use efficiency of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) seedlings. *Tree Physiology,* 11 : 401-410.

Torres, P., Honrubia, M., Pérez, P., Díaz, G. et Barreno, E. (1995). *Efecto de las*

micorrizas en la restauración de zonas afectadas por incendios forestales en la Comunidad Valenciana. Reunión de Coordinación del Plan de Restauración de la Cubierta Vegetal. Valencia.

Valdecantos, A., Vilagrosa, A., Seva, J.P., Cortina, J., Vallejo, V.R. et Bellot, J. (1996). Mycorhization et application de compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Pinus halepensis* en milieu semi-aride. Accepted in *Options Méditerranéennes*.

Annexe I. Analyse de variance pour la mortalité des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota*. On n'indique que les effets significatifs pour un niveau de signification (n.s.) inférieur à 10%. Traitements correspondant à : type de roche-mère (R), addition de compost urbain (+C), et mycorhization contrôlée en pépinière (+M).

	R	C	M	RxC	RxM	CxM	RxCxM
F rapport		3.71					
n.s.		0.09					

Annexe II. Analyse de variance pour la croissance des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota*. On n'indique que les effets significatifs pour un niveau de signification (n.s.) inférieur à 10%. Pour le nom des traitements voir Annexe I.

		R	C	M	RxC	RxM	CxM	RxCxM
Hauteur	F rapport	3.16					7.71	
	n.s.	0.08					0.01	
Diamètre	F rapport		7.38					
	n.s.		0.01					

Annexe III. Analyse de variance pour la biomasse aérienne des semis *Quercus ilex* ssp. *ballota*. On n'indique que les effets significatifs pour un niveau de signification (n.s.) inférieur à 10%. Pour le nom des traitements voir Annexe I.

	R	C	M	RxC	RxM	CxM	RxCxM
F rapport	23.93			3.96			
n.s.	0.00			0.05			
F rapport	5.20						
n.s.	0.03						
F rapport	5.15						
n.s.	0.03						
F rapport	2.86	3.42					
n.s.	0.10	0.07					
F rapport	13.12						
n.s.	0.00						

Annexe IV. Analyse de variance pour la biomasse souterraine des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* plantés sur roche-mère calcaire (sites L'Orxa et Simat) et sur marnes (site Yátova). Dans le site L'Orxa on ne pouvait pas séparer les racines intérieures et extérieures à la motte : RI correspondant dans ce cas aux racines totales. On n'indique que les effets significatifs pour un niveau de signification (n.s.) inférieur à 10%. Pour le nom des traitements voir Annexe I.

		Calcaire (Simat)			Calcaire (L'Orxa)		
		C	M	CxM	C	M	CxM
RE>2	F rapport		5.99	3.84			
	n.s.		0.03	0.07			
RE<2	F rapport	8.27	10.14	7.25			
	n.s.	0.01	0.01	0.02			
RI>2	F rapport						8.92
	n.s.						0.01
RI<2	F rapport	4.28		8.14		9.31	
	n.s.	0.05		0.01		0.01	
RE	F rapport		11.76				
	n.s.		0.00				
RI	F rapport	4.14					
	n.s.	0.06					
RE/RI	F rapport		6.86				
	n.s.		0.02				
BS	F rapport	4.25	6.54				10.94
	n.s.	0.06	0.02				0.01
BS/BA	F rapport				5.12		
	n.s.				0.04		
RA	F rapport	5.45					
	n.s.	0.03					

Annexe IV. (suite)

Marnes (Yatova)

		C	M	CxM
RE>2	F rapport			
	n.s.			
RE<2	F rapport	27.14		
	n.s.	0.00		
RI>2	F rapport			
	n.s.			
RI<2	F rapport			4.40
	n.s.			0.05
RE	F rapport	4.76		
	n.s.	0.04		
RI	F rapport	3.21		
	n.s.	0.08		
RE/RI	F rapport	3.30		
	n.s.	0.08		
BS	F rapport			
	n.s.			
BS/BA	F rapport	3.30		
	n.s.	0.08		
RA	F rapport	20.32		
	n.s.	0.00		