

technique et forêt

LA MYCORHIZATION CONTRÔLÉE DE BOUTURES D'ÉPICÉA COMMUN EN PÉPINIÈRE

B. GÉNÉRÉ - F. LE TACON
J.-M. AMIRAUT - D. BOUCHARD

L'association mycorhizienne joue un rôle majeur dans la nutrition minérale et la croissance des arbres forestiers comme l'a démontré pour la première fois Frank en 1894. En pépinière forestière, les premiers essais de mycorhization contrôlée ont été réalisés aux alentours de 1920 en Australie par inoculation de semis de *Pinus radiata* à l'aide de carpophores de *Rhizopogon luteolus*. En Europe, le premier essai de mycorhization contrôlée a été effectué à la pépinière de Wareham Heath en Grande-Bretagne par Rayner et Levisohn (inoculation de semis d'Épicéa de Sitka à l'aide de carpophores de *Rhizopogon luteolus*). Le premier essai de production d'inoculum ectomycorhizien en culture pure sur milieu solide imprégné de solution nutritive a été fait en 1954 par Bokor. Cette technique a été utilisée par Moser en 1958 pour l'inoculation contrôlée de semis de *Pinus cembro* par *Boletus plorans*. À partir de 1970, cette méthode de mycorhization contrôlée a été développée à petite échelle aux États-Unis par Marx, puis à grande échelle à partir de 1982 (Marx *et al.*, 1982 ; Marx *et al.*, 1984).

En France, les premiers essais de mycorhization contrôlée ont été réalisés à la pépinière de Peyrat-le-Château, en 1979, sur semis d'Épicéa commun et de Douglas vert (Le Tacon et Valdenaire, 1980), et des plantations expérimentales ont été faites à partir de 1981.

Peu de tentatives ont été effectuées jusqu'à ce jour pour mycorhizer de façon contrôlée des boutures de plants forestiers. Le premier essai a été réalisé en 1986 sur Épicéa de Sitka en Grande-Bretagne (Walker *et al.*, 1986). En France, une première expérimentation a été mise en place en 1988 par le CEMAGREF et l'INRA à la pépinière de Peyrat-le-Château et une seconde en 1989. L'AFOCEL a également entrepris un premier essai en 1988 (Gautry, Jouvenceau et Thivolle-Cazat, 1991). Dans ces différents essais, l'inoculation a été réalisée au moment du repiquage des boutures en pleine terre. Une autre solution consiste à introduire directement l'inoculum dans le milieu d'enracinement (Stein, Fortin et Vallée, 1990).

Dans cet article, nous allons analyser les résultats de l'essai installé en 1989 à la pépinière de Peyrat-le-Château.

L'objectif de la mycorhization contrôlée des boutures d'arbres forestiers est d'associer du matériel végétal génétiquement amélioré avec des souches fongiques mycorhiziennes elles aussi sélectionnées et éventuellement améliorées.

LE MATÉRIEL VÉGÉTAL UTILISÉ

Le matériel forestier

Les clones d'Épicéa commun, qui ont été utilisés, proviennent de Pologne. Ils sont issus d'une première sélection du Centre INRA d'Orléans (302 clones sur 1130 à l'origine), réalisée en vue de la constitution de variétés multiclones. Cette sélection est une des composantes du programme d'amélioration génétique de l'Épicéa commun entrepris par l'INRA (Ferrand, 1986).

La multiplication végétative a été effectuée à la pépinière de Peyrat-le-Château (Haute-Vienne). La méthode utilisée a été mise au point par l'INRA et le CEMAGREF (Coulaud et Verger, 1993). Pour cet essai de mycorhization contrôlée, des boutures ont été prélevées fin avril 1989, sur les pieds-mères. Elles ont ensuite été mises à enraciner sous serre. En septembre 1989, un tri a été réalisé en fonction du développement racinaire. Seules, les boutures ayant un développement racinaire satisfaisant ont été conservées.

Le matériel fongique

Nous avons utilisé la souche naturelle S 238 du basidiomycète *Laccaria laccata*. Elle provient de l'Ouest des États-Unis et a été isolée par Trappe et Molina en septembre 1976 à partir d'un carpophore prélevé sous *Tsuga mertensiana* (Crater Lake National Park, Oregon, États-Unis). Elle avait déjà été expérimentée à Peyrat-le-Château et avait donné d'excellents résultats sur semis d'Épicéa commun (Le Tacon et Bouchard, 1986). Après plantation, on ne dispose que d'une référence relative à cette souche fongique sur l'Épicéa : l'essai de Champ-Guinot (Morvan) installé en 1987. Un gain de croissance lié à la mycorhization contrôlée y apparaît.

L'inoculum a été produit en fermenteur dans le milieu liquide de Pachlewsky et inclus dans des billes d'alginat de calcium (Le Tacon *et al.*, 1983).

LES CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Le milieu d'expérimentation

L'essai a été conduit sur la pépinière de Peyrat-le-Château située en Haute-Vienne, à 575 m d'altitude. La pluviosité moyenne annuelle y est importante (1 300 mm) et bien répartie sur l'année. La température moyenne est de 9 °C.

Le sol, développé sur granite, a une texture favorable à la culture des plants forestiers : 65 % de sables, 23 % de limons et 12 % d'argile. Le tableau I (p. 51) précise ses caractéristiques chimiques.

On remarque que ce sol est riche en matière organique avec un rapport C/N de 14. Le pH est proche de l'optimum. La capacité d'échange est élevée et la teneur en éléments échangeables satisfaisante. La teneur en phosphore assimilable (double extraction à la soude N/10 et à l'acide sulfurique N/250) est très élevée. Ce sol est donc très riche chimiquement, ce qui avait déjà été

Tableau I **Caractéristiques chimiques du sol avant l'installation de l'essai**

Matières organiques (%)				pH eau	Capacité d'échange (még/100 g)	Éléments échangeables (még/100 g)			P ₂ O ₅ * (% _{oo})	Cu total HF (ppm)
Totale	Carbone	Azote (Kjel)	C/N			Ca	K	Mg		
7,3	4,27	0,30	14,1	5,7	11,2	5,6	0,45	0,58	0,91	5,6

* Le phosphore a été dosé par la méthode Duchaufour et Bonneau.

signalé lors d'essais antérieurs de mycorhization contrôlée sur semis (Le Tacon et Valdenaire, 1980 ; Généré et Amirault, 1991). On notera cependant que la teneur en cuivre totale est faible.

Le dispositif expérimental

L'essai est un dispositif en blocs complets comprenant trois traitements répétés quatre fois :

- sol non désinfecté,
- sol désinfecté au bromure de méthyle (80 g/m²),
- sol désinfecté au bromure de méthyle (80 g/m²) et inoculé par *Laccaria laccata* S 238.

L'inoculation a été réalisée par épandage sur le sol d'un inoculum contenant 2 g de mycélium (poids sec) par litre de billes, à raison de 0,8 litre par m². L'inoculum a été ensuite enfoui par griffage sur 5 cm.

Les boutures enracinées ont été repiquées mécaniquement, le 21 septembre 1989, à la densité de 80 plants au mètre linéaire de planche et sur cinq rangs espacés de 25 cm. Toutes les parcelles unitaires avaient une surface de 5 m² (4 m de long x 1,25 m de large), et comportaient exactement le même matériel végétal.

La conduite de l'essai

L'essai a été conduit sans irrigation. Au repiquage, le sol était à la capacité au champ et une pluie de 7 mm est tombée le lendemain. Les premières sécheresses sont intervenues en été 1990 (du 6 au 27 juillet, puis du 29 juillet au 12 août), à un moment où les systèmes racinaires des plants étaient déjà bien développés. En 1991, une autre période de sécheresse s'est produite du 9 août au 10 septembre.

L'essai a été désherbé deux fois par an manuellement et, après repiquage, aucun traitement chimique n'a été effectué.

Aucun engrais, ni amendement n'ont été apportés.

Les plants issus de boutures ont été arrachés le 4 mai 1992 ; une partie a été plantée en forêt et une autre partie analysée.

Afin de faciliter la compréhension des résultats et l'analyse économique, nous avons défini les années de la manière suivante :

- **Année 1**, période allant de fin avril 1989 à fin avril 1990, comprenant la phase de multiplication et le repiquage en pleine terre suivi du premier arrêt végétatif.
- **Année 2**, période allant de mai 1990 à avril 1991, au cours de laquelle les boutures ont effectué leur première pousse après repiquage, suivie de leur deuxième arrêt végétatif.
- **Année 3**, période allant de mai 1991 à avril 1992, composée de la deuxième année de croissance en pépinière et du troisième arrêt végétatif.

Les mesures effectuées

Le dénombrement des mycorhizes a été effectué sur cinq plants par parcelle unitaire, selon la technique décrite par Garbaye (1990). Nous avons distingué les mycorhizes de *Laccaria laccata* et celles formées par *Thelephora terrestris*, qui est un symbiote naturel très fréquent sur la pépinière. Sur ce site, on trouve également en abondance un complexe naturel de *Laccaria laccata*, dont les mycorhizes n'ont pu être distinguées de celles obtenues avec la souche S 238.

Nous avons cependant relevé les carpophores de *Laccaria laccata* qui se sont développés en octobre 1991. Il nous a été possible de distinguer morphologiquement les carpophores naturels de *Laccaria* de ceux de la souche introduite.

Les observations des mycorhizes ont été effectuées pour l'année 2 en juin 1990 et avril 1991 et pour l'année 3 en octobre 1991 et avril 1992.

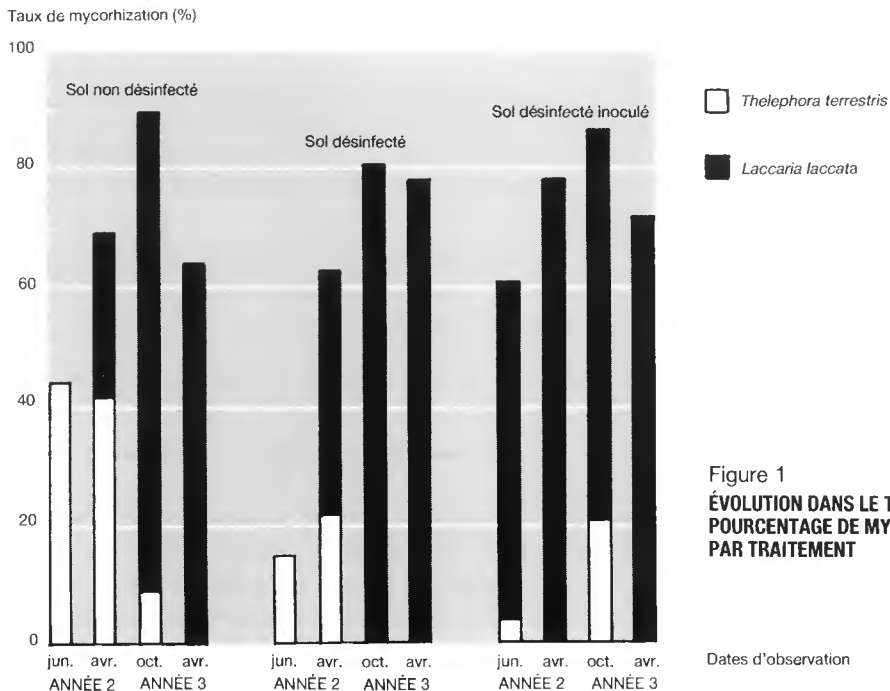
Les plants issus de boutures ont été analysés *in situ* en pépinière en fin de chaque année de la manière suivante : taux de survie, retour à l'orthotropie et croissance en hauteur. De plus, à la fin de la troisième année, nous avons mesuré la hauteur finale et le diamètre au collet.

Enfin, un échantillon de cinq plants par parcelle unitaire a été analysé en détail au moment de l'arrachage en mai 1992 : biomasse aérienne, biomasse racinaire, nombre total de racines courtes, nombre total de mycorhizes.

RÉSULTATS

Les mycorhizes

La figure 1 (ci-dessous) illustre l'évolution du taux de mycorhization par *Laccaria laccata* et *Thelephora terrestris* en fonction des traitements et du temps.



Sol non désinfecté : *Thelephora terrestris* est le premier symbiote à s'installer sur les racines d'Épicéa. *Laccaria laccata* n'apparaît qu'en fin d'année 2. Il se développe sur les racines courtes, d'abord en parallèle avec *Thelephora terrestris*, puis ensuite en l'éliminant. *Thelephora terrestris* semble avoir complètement disparu à l'arrachage des plants, qui sont alors exclusivement mycorhizés par *Laccaria laccata*.

Sol désinfecté : *Thelephora terrestris* est encore le premier symbiote à s'installer sur les racines. Il est suivi par *Laccaria laccata* qui l'élimine également complètement en année 3.

Sol désinfecté et inoculé : le mycélium de la souche S 238 de *Laccaria laccata* colonise très rapidement et fortement les racines courtes. Le taux de mycorhization par *Laccaria laccata* atteint ainsi 57 % en début d'année 2, puis s'accroît encore légèrement jusqu'en fin d'année 2. Ensuite, il se stabilise ou régresse légèrement. On note en année 3 un début de colonisation par *Thelephora terrestris* qui disparaît ensuite complètement.

Si nous comparons le nombre moyen de mycorhizes par plant, nous constatons qu'il est considérablement augmenté par inoculation. Il est en effet de 3 227 en sol non désinfecté, de 2 775 en sol désinfecté et de 5 595 en sol désinfecté et inoculé.

Néanmoins, à ce stade nous ne pouvons pas distinguer les mycorhizes naturelles de *Laccaria* des mycorhizes formées par la souche inoculée S 238.

Observation des carpophores

Les caractères morphologiques des carpophores permettent, par contre, de distinguer facilement les souches locales de *Laccaria laccata* de la souche S 238 (cf. photographies ci-contre).

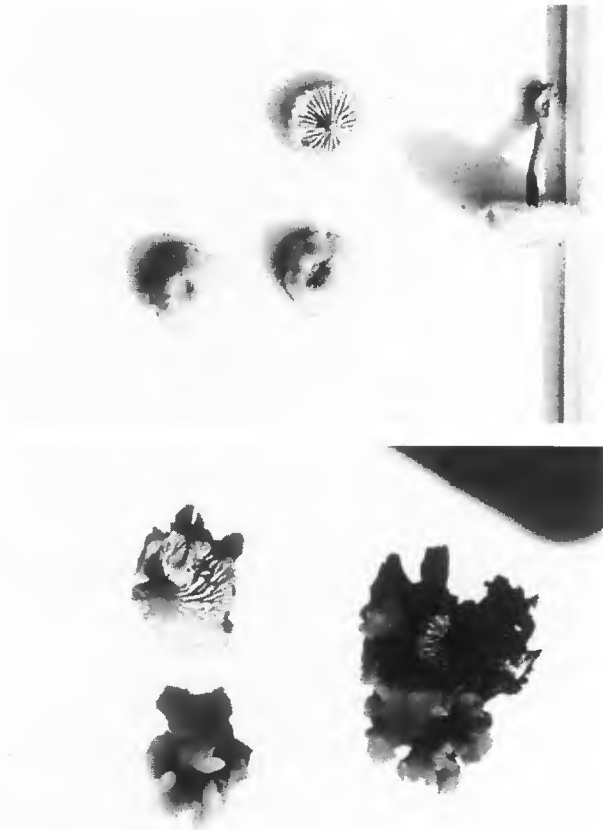
— **Sur sol non désinfecté**, aucun carpophore n'est apparu en octobre 1991. Notons toutefois que des carpophores de *Laccaria laccata* naturel y ont été observés en abondance en fin d'année 2.

— **Sur sol désinfecté**, des carpophores de *Laccaria laccata* naturel ont été observés dans toutes les répétitions. Nous avons également observé quelques carpophores de *Thelephora terrestris*.

— **Sur sol désinfecté et inoculé**, *Laccaria laccata* est presque uniquement représenté par des carpo-

Carpophores de *Laccaria laccata*, d'une part d'origine locale sur la pépinière de Peyratle-Château (en haut), et d'autre part de souche S 238 (en bas).

Photos D. BOUCHARD



phores de la souche S 238 (324 sur 349 pour l'ensemble des placeaux de ce traitement). Nous avons également observé quelques carpophores de *Thelephora terrestris*.

L'inoculation par *Laccaria laccata* S 238 a donc été suivie de succès, et c'est bien cette souche qui colonise à la fin de la troisième année la quasi-totalité du système racinaire des boutures issues de ce traitement.

Caractéristiques des plants

Les résultats sont résumés dans le tableau II ci-après.

Tableau II Caractéristiques des plants d'Épicéa commun
en fonction des traitements

Mesures effectuées \ Modalités	Sol non désinfecté	Sol désinfecté	Sol désinfecté et inoculé
Pousse de l'année 2	38 mm (b)	28 mm (c)	85 mm (a)
Pousse de l'année 3	122 mm (b)	90 mm (c)	166 mm (a)
Hauteur finale (année 3)	254 mm (b)	191 mm (c)	325 mm (a)
Diamètre final au collet	6,5 mm (b)	5,4 mm (c)	7,5 mm (a)
Rapport hauteur/diamètre	39 (b)	35 (a)	43 (c)
Taux d'orthotropie final	70 % (b)	74 % (b)	87 % (a)
Taux final de mortalité	42 % (c)	33 % (b)	24 % (a)

N.B. : Pour une variable donnée, deux valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % (test de Kruskal-Wallis pour les comparaisons de moyennes et test du KHI 2 pour les comparaisons de fréquences).

La **désinfection suivie de l'inoculation** des planches de repiquage a permis d'accroître les performances des plants pour presque toutes les variables étudiées :

- La croissance est améliorée au cours des années 2 et 3. Toutefois, l'avantage se réduit en année 3, surtout par rapport à la modalité non désinfectée qui bénéficie largement de la présence de *Laccaria laccata* local.
- En fin d'année 3, la hauteur finale et le diamètre au collet des plants sont fortement accrus. Leur équilibre hauteur/diamètre est très satisfaisant, même si ces plants sont les moins trappus. Ainsi, si l'on compare la qualité extérieure des plants produits aux normes définies par le Fonds forestier national (FFN) pour des semis d'Épicéa commun, **76 % des plants repiqués sur sol désinfecté et inoculé seraient jugés conformes** en fin d'année 3. Parallèlement, ce taux serait réduit à 51 % sur sol non désinfecté et à 16 % sur sol désinfecté, essentiellement pour insuffisance de hauteur.

La production de plants issus de boutures peut donc se faire en trois ans, à condition que le repiquage soit effectué sur sol désinfecté et inoculé (plants de type 0 - 1 + 2).

Dans le cas contraire, une année supplémentaire de croissance serait nécessaire (année 4) : la plupart des plants repiqués sur sol non inoculé deviendraient ainsi plantables au bout de quatre ans, comme pour les semis d'Épicéa élevés sur la pépinière de Peyrat-le-Château.

- Les plants repiqués sur sol désinfecté et inoculé présentent les meilleurs taux d'orthotropie, en fin d'année 3. Signalons, de plus, que le retour à l'orthotropie n'a pas évolué depuis la fin de l'année 2, alors qu'il a légèrement augmenté pour les autres modalités. Bien évidemment, ce critère qualitatif a été pris en compte, au niveau de l'approche normative, citée au paragraphe précédent.

• La mortalité est réduite. Elle est intervenue essentiellement en hiver de l'année 1 et en été de l'année 2. La désinfection, supprimant les agents pathogènes du sol (moins de dégâts sur les racines), a eu un effet bénéfique. Il en est de même de l'inoculation, qui a permis d'accroître fortement la masse racinaire et le nombre de racines courtes mycorhizées.

La biomasse racinaire (poids sec) moyenne des plants est en effet de 0,6 g sur sol non désinfecté, de 1,1 g sur sol désinfecté et de 1,9 g sur sol désinfecté et inoculé.

L'accroissement de la biomasse racinaire a probablement conféré une meilleure résistance des plants au déchaussement hivernal et, associé à un nombre accru de racines courtes mycorhizées, a amélioré la résistance aux petites sécheresses estivales.

La **seule désinfection du sol** a eu un effet favorable sur la survie. Par contre, un rôle dépressif est noté sur la plupart des variables dimensionnelles, par rapport au repiquage classique sur sol non désinfecté. Cela peut s'expliquer par un retard, effectivement observé, de la mycorhization naturelle des plants, jusqu'à la fin de l'année 2. Un tel retard s'est traduit probablement par une moins bonne mobilisation des ressources hydriques et minérales du sol, par les plants.

Plants d'Épicéa commun en fin de croissance de l'année 2 (soit un an après le repiquage), pour chaque traitement :
— sur sol non désinfecté (en haut) ;
— sur sol désinfecté (au centre) ;
— sur sol désinfecté et inoculé (en bas).

Photos J.-M. AMIRAULT



APPROCHE TECHNICO-ÉCONOMIQUE

Elle repose sur la décomposition analytique des **coûts de production commerciale sur la pépinière de Peyrat-le-Château**. Les valeurs données au tableau III (ci-dessous) sont exprimées en coût actualisé, valeur 1992. Elles ont une valeur locale, et ne peuvent donc pas être extrapolées, en l'état, à des pépinières privées. De plus, contrairement à ces dernières, elles ne prennent pas en compte les frais financiers, les dépenses de publicité et le risque d'inventu.

Chacune des trois modalités expérimentales étudiées correspond à un itinéraire technique différent, réalisable à grande échelle. On considérera que, conformément aux résultats techniques de l'essai étudié, la production des plants à partir de boutures dure trois ans, sur sol désinfecté et inoculé, alors que quatre ans seraient nécessaires dans les autres cas (problème de hauteur finale).

Tableau III **Décomposition analytique des coûts de production en pleine terre selon les modalités (phase de multiplication exclue)**

Travaux élémentaires	Coûts unitaires en francs par m ²	Nombre de réalisations pour obtenir des plants plantables		
		sur sol non désinfecté	sur sol désinfecté	sur sol désinfecté et inoculé
Charges indirectes	7,30/an	3,5 ans	3,5 ans	2,5 ans
Préparation des planches	1,80	1	1	1
Désinfection des planches	3,81	0	1	1
Achat de l'inoculum (25 F/litre de billes)	20	0	0	1
Pose de l'inoculum (3 mn/m ²)	3	0	0	1
Repiquage des boutures racinées	4,60	1	1	1
Entretien en 1 ^{re} année après désinfection	1,68	0	1	1
Entretien habituel	2,80/an	3	2	1
Arrachage et tri	5,20	1	1	1
Coût total de l'élevage en pleine terre		45,55 F	48,24 F	61,14 F

Les coûts d'élevage au m² de planche de pépinière sont élevés pour les plants repiqués sur sol inoculé, malgré leur cycle de production plus rapide. Cela s'explique essentiellement par le prix de l'inoculum, estimé pour l'instant à 25 F le litre.

À ce niveau, on doit également faire intervenir le coût de production des boutures repiquables. Celui-ci est calculé pour une production pilote, en considérant que tous les rendements intermédiaires sont à leur niveau optimal.

D'autre part, on doit prendre en compte les performances observées, en matière de survie. Celles-ci diffèrent notablement selon les modalités étudiées. Le taux de plants jugés conformes aux critères qualitatifs du FFN (définis pour des semis) intervient également, en sortie de pépinière. Il prend en compte en particulier des critères dimensionnels (hauteur et diamètre au collet) et de forme (orthotropie). Dans l'analyse des résultats techniques de l'essai, 76 % des plants repiqués sur sol désinfecté et inoculé ont été jugés conformes, en fin d'année 3. Pour les autres modalités, ce taux était insuffisant, essentiellement pour manque de hauteur, et nous avons donc préconisé une année supplémentaire d'élevage (année 4). Dans ces conditions, on fera l'hypothèse que, pour les trois modalités, une fois la hauteur minimale atteinte, en trois ou

quatre ans selon les cas, les défauts de forme sont indépendants des modalités. Un taux unique de plants conformes, égal à 75 %, est ainsi retenu.

Le tableau IV (ci-dessous) donne les détails de l'analyse permettant d'estimer le prix de revient des plants utilisables en plantation. Rappelons, à ce niveau, qu'il n'existe pas de normes du FFN pour les plants issus de boutures et que nous avons donc appliqué celles relatives aux semis d'Épicéa commun.

Tableau IV Estimation du prix de revient des plants par modalité à Peyrat-le-Château compte tenu des performances obtenues en expérimentation

Variables	Modalités		
	Sol non désinfecté	Sol désinfecté	Sol désinfecté et inoculé
Coût estimé des boutures repiquables (1,50 F pièce)	96 F/m ²	96 F/m ²	96 F/m ²
Coût de l'élevage en pépinière, arrachage et tri inclus	45,55 F/m ²	48,24 F/m ²	61,14 F/m ²
Taux de survie en pépinière	58 %	67 %	76 %
Nombre de plants produits/m ²	37,1	42,9	48,6
Coût total/plant produit	3,81 F	3,36 F	3,23 F
Coût total/plant type FFN (hypothèse : 25 % de rebuts)	5,08 F	4,48 F	4,31 F

Les résultats de l'analyse montrent que la mycorhization contrôlée, à l'aide de la souche S 238 de *Laccaria laccata*, peut être une technique de pépinière économiquement compétitive. En effet, le coût du plant plantable correspondant apparaît comme le moins élevé. Ceci est vrai sur la pépinière de Peyrat-le-Château et compte tenu des conditions de l'expérience. On se gardera d'extrapoler ces résultats à d'autres conditions d'élevage, ou à d'autres pépinières. En effet, ces dernières variables pourraient modifier les résultats expérimentaux et des études sont actuellement en cours au CEMAGREF, à ce sujet.

CONCLUSIONS

Dans les conditions de Peyrat-le-Château, les plants repiqués sur sol désinfecté et inoculé sont très bien mycorhizés par la souche S 238 de *Laccaria laccata*, laquelle s'installe rapidement et domine largement en fin d'élevage. L'inoculum ne semble pas toutefois avoir contaminé les autres modalités, si l'on se rête à l'observation des carpophores. Quant aux plants repiqués sur sol non inoculé, ils ont d'abord été mycorhizés naturellement par *Thelephora terrestris* puis par le complexe local de *Laccaria laccata*. Après deux ans d'élevage, ce dernier a colonisé une grande partie des racines courtes, et a largement évincé les autres souches fongiques.

La mycorhization contrôlée des boutures racinées d'Épicéa commun par la souche S 238 de *Laccaria laccata* a permis d'accroître fortement les performances des plants : la pousse des plants a été accélérée, sans compromettre leur équilibre dimensionnel. En conséquence, leur cycle de production a pu être réduit d'un an, par rapport aux boutures des autres traitements, mais aussi par rapport aux plants classiques issus de semence. De plus, le taux de survie a été amélioré significativement. Enfin, le retour à l'orthotropie a été plus rapide et complet.

L'approche technico-économique, basée sur les coûts de production commerciale relatifs à la pépinière de Peyrat-le-Château, révèle que le plant plantable qui a été repiqué sur sol désinfecté et inoculé peut y être moins coûteux que le plant produit classiquement. Ce résultat s'explique essentiellement par de meilleurs taux de survie après repiquage, ainsi que par le raccourcissement d'un an de la durée d'élevage.

Néanmoins, si l'intérêt technico-économique de la mycorhization contrôlée de boutures peut apparaître en pépinière, c'est surtout après plantation que la méthode devra être évaluée. Dans ce cadre, l'élevage en pépinière doit avant tout conduire à fournir des plants suffisamment mycorhizés par la souche inoculée.

Utilisant des plants issus de différentes modalités d'essais en pépinière, le CEMAGREF a installé en 1992 un dispositif statistique en forêt, afin de comparer les performances de croissance et de survie des plants. Dans cinq ans, une première synthèse pourra être effectuée.

B. GÉNÉRÉ, J.-M. AMIRAULT
Division Amélioration génétique
et Pépinières forestières
CEMAGREF
Domaine des Barres
45290 NOGENT-SUR-VERNISSON

F. LE TACON, D. BOUCHARD
Équipe de Microbiologie forestière
INRA - CENTRE DE NANCY
54280 CHAMPENOUX

BIBLIOGRAPHIE

- BOKOR (R.). — A mykorrhiza-gombákkal tör ténó talajoltások új agrotechnikai eljárása. — *Erdészeti Kutatások* (Budapest), 11, 1954, pp. 27-45.
- COULAUD (S.), VERGER (M.). — Production d'une variété multiclonale d'Épicéa commun. — *Informations techniques du CEMAGREF*, n° 89, note 4, mars 1993, 8 p.
- FERRAND (J.-Ch.). — Les Programmes d'amélioration : Épicéa commun. — *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, n° spécial « Amélioration génétique des arbres forestiers », 1986, pp. 125-128.
- FRANK (A.B.). — Die Bedeutung der Mykorrhiza-pilze für die gemeine Kiefer. — *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, vol. 16, 1894, pp. 1862-1890.
- GARBAYE (J.). — Pourquoi et comment observer l'état mycorhizien des plants forestiers. — *Revue forestière française*, vol. XLII, n° 1, 1990, pp. 35-41.
- GÉNÉRÉ (B.), AMIRAULT (J.M.). — L'Élevage du Douglas mycorhizé au semis : influence de la pépinière et du type de plant. — *Études Forêt du CEMAGREF*, n° 6 (Annales 1990), 1991, pp. 186-200.
- GAUTRY (J.-Y.), JOUVENCEAU (S.), THIVOLLE-CAZAT (A.). — Mycorhization contrôlée du Douglas et de l'Épicéa et interaction clone x champignon. — *Annales de l'AFOCEL*, 1991, pp. 125-158.
- LE TACON (F.), BOUCHARD (D.). — Effects of different ectomycorrhizal fungi on growth of larch, Douglas fir, Scots pine and Norway spruce seedlings in fumigated nursery soil. — *Acta Oecologica (Oecologia Applicata)*, vol. 7, n° 4, 1986, pp. 389-402.
- LE TACON (F.), JUNG (G.), MICHELOT (P.), MUGNIER (J.). — Efficacité en pépinière forestière d'un inoculum de champignon ectomycorrhizien produit en fermenteur et inclus dans une matrice de polymères. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 40, n° 2, 1983, pp. 165-176.
- LE TACON (F.), VALDENNAIRE (J.-M.). — La Mycorhization contrôlée en pépinière, premiers résultats obtenus à la pépinière du Fonds forestier national de Peyrat-le-Château sur Épicéa et Douglas. — *Revue forestière française*, vol. XXXII, n° 3, 1980, pp. 281-292.
- LEVISOHN (I.). — Growth stimulation of forest tree seedlings by the activity of free-living mycorrhizal mycelium. — *Forestry*, 29, 1956, pp. 53-59.
- MARX (D.H.), RUEHLE (J.L.), KENNEY (D.S.), CORDELL (C.E.), RIFFLE (J.W.), MOLINA (R.J.), PAWUK (W.H.), NAVRATIL (S.), TINUS (R.W.), GOODWIN (O.C.). — Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and inoculation techniques for development of ectomycorrhizae on container-grown tree seedlings. — *Forestry Science*, vol. 28, 1982, pp. 373-400.
- MARX (D.H.), CORDELL (C.E.), KENNEY (D.S.), MEXAL (J.G.), ARTMAN (J.D.), RIFFLE (J.W.), MOLINA (R.J.). — Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and inoculation techniques for development of ectomycorrhizae on bare-root tree seedlings. — *Forest Science Monograph*, vol. 25, 1984, 101 p.
- MOSER (M.). — Die künstliche mykorrhizaimpfung an Forestpflanzen. I : Erfahrungen bei der reinkulture von mykorrhizapilzen. — *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, vol. 77, 1958, pp. 32-40.
- STEIN (A.), FORTIN (J.A.), VALLEE (G.). — Enhanced rooting of *Picea mariana* cuttings by ectomycorrhizal fungi. — *Canadian Journal of Botany*, vol. 68, 1990, pp. 468-470.
- WALKER (C.), BIGGIN (P.), JARDINE (D.). — Clonal differences in mycorrhizal status among clones of Sitka spruce. — *Forest Ecology and Management*, 14, 1986, pp. 275-283.