



HAL
open science

La mycorhization contrôlée en pépinière. Premiers résultats obtenus à la pépinière du Fonds forestier national de Peyrat-le-Château (Haute-Vienne) sur épicéa (*Picea excelsa*) et douglas (*Pseudotsuga douglasii*)

François Le Tacon, Jean-Marie Valdenaire

► **To cite this version:**

François Le Tacon, Jean-Marie Valdenaire. La mycorhization contrôlée en pépinière. Premiers résultats obtenus à la pépinière du Fonds forestier national de Peyrat-le-Château (Haute-Vienne) sur épicéa (*Picea excelsa*) et douglas (*Pseudotsuga douglasii*). *Revue forestière française*, 1980, 32 (3), pp.281-293. 10.4267/2042/21410 . hal-03397147

HAL Id: hal-03397147

<https://hal.science/hal-03397147>

Submitted on 22 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cette rubrique est dirigée par :

M. VIART

Ingénieur en chef du G.R.E.F.

Chef du
Service régional
d'Aménagement forestier
Poitou-Charente

47, rue de la Cathédrale
86200 POITIERS

technique
et forêt

LA MYCORHIZATION CONTRÔLÉE EN PÉPINIÈRE

**PREMIERS RÉSULTATS OBTENUS
A LA PÉPINIÈRE DU FONDS FORESTIER NATIONAL DE
PEYRAT-LE-CHÂTEAU (HAUTE-VIENNE)
SUR ÉPICÉA (*Picea excelsa*) ET DOUGLAS (*Pseudotsuga douglasii*)**

F. LE TACON - J.-M. VALDENAIRE

Dans un précédent article (Le Tacon, 1978) nous faisons état des progrès récents effectués dans le domaine de la mycorhization contrôlée en particulier aux Etats-Unis (Marx et al., 1977-1978). Rappelons que les champignons mycorhiziens assurent une grande part de la nutrition minérale de l'arbre et qu'il existe une très grande variabilité dans l'efficacité des mycorhizes suivant l'espèce ou la souche fongique utilisée.

Le but est donc de rechercher les partenaires fongiques les plus efficaces en conditions de laboratoire ou en conditions très contrôlées, puis d'essayer de mycorhizer les semis au stade de la pépinière par ces symbiotes les plus efficaces.

On peut ainsi espérer obtenir des gains de croissance non négligeables en pépinière, puis ultérieurement en forêt, si les symbiotes utilisés sont plus efficaces et plus compétitifs que les souches naturelles présentes dans le sol de plantation.

L'objet de l'essai effectué à Peyrat-le-Château est d'essayer de maîtriser la mycorhization dans les conditions d'une grande pépinière et dans une région où il existe un très important programme de reboisement.

LES CONDITIONS DE MILIEU

Les conditions climatiques

La pépinière qui fait environ 40 hectares est située entre 560 et 595 m d'altitude. La pluviosité annuelle est comprise entre 1 200 et 1 400 mm. La température moyenne annuelle est de 9°. Les gelées printanières sont très fréquentes.

Les conditions de sol

Le sol s'est développé sur un granite à deux micas. Avant l'installation de la pépinière (1967), le sol était un sol brun ocreux humifère développé sous une lande boisée à callune dominante. Le C/N était supérieur à 20 et le pH de l'ordre de 4,5. La mise en culture et la fertilisation ont notablement modifié les caractéristiques chimiques du sol.

Caractéristiques chimiques du sol de la parcelle avant l'implantation de l'essai
(Le phosphore a été dosé après double extraction à la soude N/10 et à l'acide sulfurique N/250)

Mat. Org.	C	N	C/N	pH	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅ ‰
					m.e. / 100 g			
7,4	4,3	0,33	13,01	5,6	4,2	0,45	1,03	0,50

La fumure annuelle, en kg par ha, pratiquée en moyenne à Peyrat-le-Château est la suivante : fumure de fonds : 136 kg de P₂O₅ sous forme de scories Thomas à 17 % et 140 kg de K₂O sous forme de Patenkali à 22 % de K₂O. Au printemps, on apporte en couverture 75 kg de N, 75 kg de P₂O₅ et 75 kg de K₂O sous forme d'un engrais complet 15-15-15.

C'est ainsi que le C/N est maintenant voisin de 13 et le pH de 5,5. La teneur en calcium échangeable est de l'ordre de 4 milli-équivalents pour 100 grammes de terre sèche. La teneur en phosphore assimilable (double extraction NaOH N/10 et H₂O₄ N/250) est très élevée (0,50 ‰). Il s'agit donc d'un sol très riche chimiquement.

La texture est à dominante sableuse avec une faible proportion de limons et d'argile, ce qui est très favorable au développement du système racinaire, ainsi qu'au travail du sol et à l'arrachage des plants.

LES CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

La planche utilisée était occupée en 1977 par des semis d'épicéa. On y a ensuite pratiqué deux cultures d'engrais vert (seigle à l'automne 1977, puis sarrasin à l'automne 1978). L'essai a été implanté au printemps 1979.

Essai principal

L'essai principal comprend quatre traitements « microbiologiques » :

- sol désinfecté au bromure de méthyle,
- sol non désinfecté,

Technique et forêt

- sol désinfecté au bromure de méthyle et inoculé par *Hebeloma cylindrosporum*,
- sol désinfecté au bromure de méthyle et inoculé par *Boletus granulatus*.

La désinfection des sols a eu lieu les 8 et 9 mai 1979. L'inoculum a été apporté le 15 mai 1979 à raison de 2 litres par m² en plein. Il était constitué par un mélange de tourbe vermiculite (1/3 - 2/3), contenant un milieu nutritif (milieu de Pachlewski) et était entièrement colonisé soit par *Hebeloma cylindrosporum*, soit par *Boletus granulatus* à l'exclusion de tout autre micro-organisme.

Hebeloma cylindrosporum est une souche landaise isolée par G. Bruchet de l'Université Claude Bernard à Lyon (voir note p. 294). *Boletus granulatus* est une souche isolée à Nancy. Nous avons choisi *Hebeloma cylindrosporum* en raison de sa très grande efficacité démontrée sur pin maritime par Mousain, Delmas et Poitou (1976) et *Boletus granulatus* en raison de sa réputation de bon symbiote, au moins pour le genre *Pinus*.



Carpophores d'*Hebeloma cylindrosporum* obtenus en serres six mois après l'inoculation.

Photo F. LE TACON.

Chacun de ces traitements « microbiologiques » a été subdivisé en trois sous-traitements correspondant à trois niveaux de fertilité chimique :

F₀ pas d'apport d'engrais avant le semis

F₁ 7,5 g de N par m²
7,5 g de P₂O₅ par m²
7,5 g de K₂O par m²

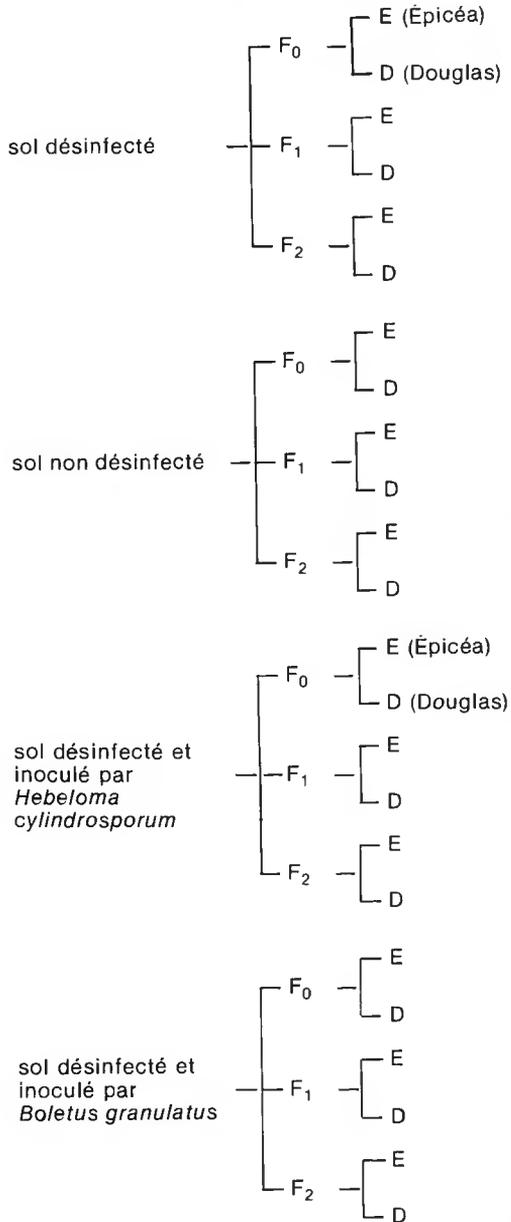
F₂ 15 g de N par m²
15 g de P₂O₅ par m²
15 g de K₂O par m²

L'azote a été apportée sous forme d'ammonitrate, le phosphore sous forme de supertriple et le potassium sous forme de sulfate de potassium. Les engrais ont été apportés en plein le 15 mai 1979.

Tous les traitements ont été répétés quatre fois. Chaque placeau unitaire mesurait un mètre carré. Les semis ont été effectués le 16 mai 1979 : dans chaque placeau unitaire nous avons semé 5 lignes d'Épicéa (provenance : 2^e plateau du Jura, Verger à graines 05 PE20, lot H1 77-35), et 5 lignes de Douglas (provenance : nord-est du Massif Central, lot H1 77-02).

L'ensemble a été placé sous une ombrière qui a été maintenue jusqu'en octobre 1979. Aucune précaution particulière n'a été prise pendant la saison de végétation. Le dispositif a été entretenu de la même façon que les semis de la pépinière de production (désherbage manuel). Aucune précaution n'a été prise pour éviter d'éventuelles contaminations.

Schéma du plan expérimental principal



Sol non désinfecté, pas de fertilisation.



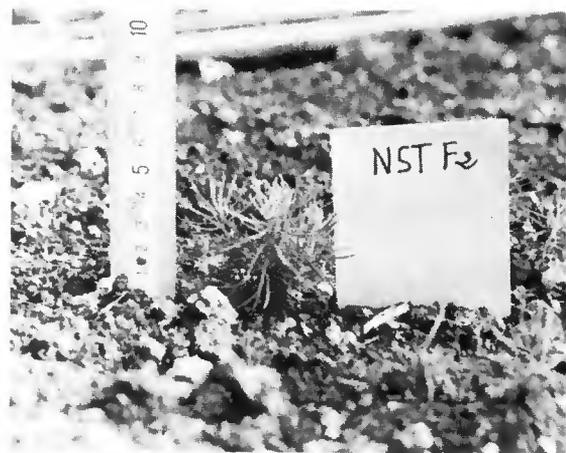
Sol désinfecté, non inoculé, pas de fertilisation.

Sol désinfecté, inoculé par *Hebeloma cylindrosporum*, pas de fertilisation.

DOUGLAS (pépinière de Peyrat-le-Château)



Sol non désinfecté, fertilisation moyenne.



Sol non désinfecté, fertilisation forte.



Sol désinfecté, non inoculé, fertilisation moyenne.



Sol désinfecté, non inoculé, fertilisation forte.



Sol désinfecté, inoculé par *Hebeloma cylindrosporum*, fertilisation moyenne.



Sol désinfecté, inoculé par *Hebeloma cylindrosporum*, fertilisation forte.

Le dispositif a été statistiquement interprété séparément pour le Douglas et l'Épicéa. Dans un premier temps, nous n'avons pas tenu compte de l'effet fertilisation, ce qui donne 12 répétitions. Dans un second temps, nous avons pris en compte l'effet fertilisation, traitement fongique par traitement fongique.

Essai annexe

Dans un essai annexe, nous avons tenté d'introduire plusieurs champignons, *Boletus luteus* (souche de Nancy), *Boletus granulatus* (souche de Nancy) et *Hebeloma cylindrosporium* (souche landaise) sans avoir au préalable désinfecté le sol. L'essai a été réalisé à trois niveaux de fertilité chimique et avec quatre répétitions pour *Boletus luteus*, ce qui est interprétable statistiquement. Par contre, en raison du manque d'inoculum, il n'a pu être réalisé que sur quelques placeaux avec *Hebeloma cylindrosporium* et *Boletus granulatus*.

Les mesures ont été effectuées les 9 et 10 octobre 1979, c'est-à-dire après quatre mois de végétation. Tous les semis ont été comptés et mesurés au millimètre près dans tous les placeaux.

D'importants dégâts dus au lapin ont eu lieu sur douglas, uniquement dans les traitements avec *Hebeloma cylindrosporium*. Aucun dégât de lapin n'a été constaté sur épicéa.

Une des répétitions du traitement F_0 *Hebeloma cylindrosporium* a été détruite pour des raisons inconnues. Nous avons donc effectué un calcul de donnée manquante.

RÉSULTATS

Essai principal

Douglas

- **Effet de la fertilisation sur la croissance en hauteur** (Fig. 1).

Quel que soit le traitement « fongique », nous ne pouvons mettre en évidence d'effet significatif de la fertilisation. Nous constatons seulement une légère tendance à l'augmentation dans le sens $F_0 > F_1 > F_2$ pour le traitement où le sol a été désinfecté et non inoculé.

- **Effet de la fertilisation sur le nombre de semis** (Fig. 2).

La fertilisation ne semble avoir aucun effet sur la levée des graines.

- **Effet de l'inoculation sur la croissance en hauteur** (Fig. 1).

Les traitements « sol désinfecté », « sol désinfecté et inoculé par *Boletus granulatus* », « sol non désinfecté », ne diffèrent pas significativement.

Le traitement « sol désinfecté et inoculé par *Hebeloma cylindrosporium* » diffère des trois autres de manière très significative. Par rapport à la microflore normale de la pépinière, qui semble donc totalement inefficace, le traitement avec inoculation par l'*Hebelome* assure en moyenne un gain de 26 % sur la croissance en hauteur. Ce gain est sous-estimé en raison des dégâts de lapin

- **Effet de l'inoculation sur la levée** (Fig. 2).

La moins bonne levée est observée dans le traitement où le sol n'a pas été désinfecté (191 semis par $1/2 \text{ m}^2$). Il semble donc bien qu'il existe dans ce sol des germes pathogènes qui entraînent une fonte partielle des semis.

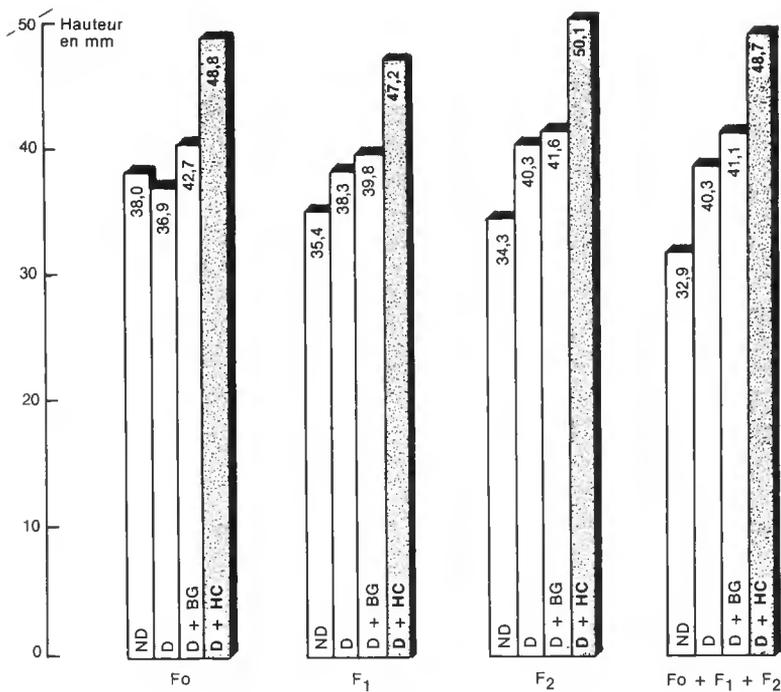


Figure 1. — DOUGLAS.
Hauteur en mm après 4 mois
de végétation.

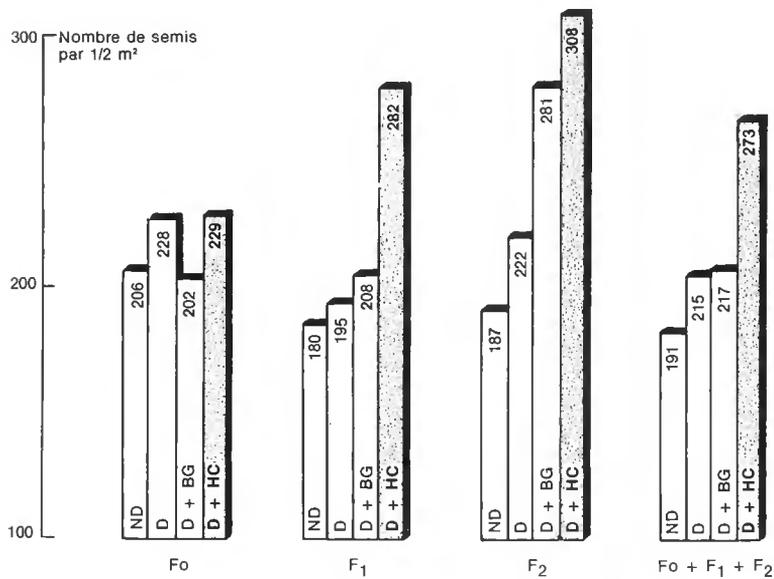


Figure 2. — DOUGLAS.
Nombre de semis après
4 mois par 1/2 m².

ND : non désinfecté
D : désinfecté
D + BG : désinfecté + *Boletus granulosus*
D + HC : désinfecté + *Hebeloma cylindrosporum*

Fo : pas de fertilisation
avant le semis
F₁ : 7,5 g/m² de N, de P₂O₅, de K₂O
F₂ : 15 g/m² de N, de P₂O₅, de K₂O

Les traitements « sol désinfecté » et « sol désinfecté inoculé par *Boletus granulatus* » ne diffèrent pas entre eux mais sont supérieurs au sol non désinfecté (215 et 217 semis par 1/2 m²).

Enfin, l'inoculation par *Hebeloma cylindrosporum* donne les meilleurs résultats (273 semis par 1/2 m²). Il semble donc bien qu'à l'effet de la désinfection s'ajoute un effet propre d'*Hebeloma cylindrosporum* sur la levée, ou plus vraisemblablement sur la survie des jeunes plantules.

La désinfection du sol seule entraîne par rapport à l'absence de traitement un gain de 12,5 %. La désinfection du sol et l'inoculation par *Hebeloma cylindrosporum* apportent un gain de 42,8 %, dont 30 % sont attribuables à l'*Hebelome*.

Épicéa

- **Effet de la fertilisation sur la croissance en hauteur** (Fig. 3).

Comme pour le Douglas, nous ne pouvons mettre en évidence d'effet significatif de la fertilisation. Nous pouvons seulement constater une tendance vers un effet positif dans les traitements non désinfectés, désinfectés, et désinfectés inoculés par *Boletus granulatus*.

- **Effet de la fertilisation sur la germination** (Fig. 4).

La levée de l'épicéa a été dans l'ensemble très mauvaise (moins de 50 semis au 1/2 m² en moyenne). La fertilisation n'a manifestement aucun effet.

- **Effet de l'inoculation sur la croissance en hauteur** (Fig. 3).

Le traitement « sol non désinfecté » obtient le résultat le plus faible (21,74) et diffère significativement de tous les autres. La microflore normale de la pépinière est donc inefficace et même, semble-t-il, a un effet dépressif sur la croissance de l'épicéa, probablement en raison de la présence de germes pathogènes affectant le développement racinaire.

Les traitements « sol désinfecté » et « sol désinfecté inoculé par *Boletus granulatus* » ne diffèrent pas entre eux.

Le traitement « sol désinfecté inoculé par *Hebeloma cylindrosporum* » est de très loin le meilleur traitement. Par rapport au sol non désinfecté, il assure un gain de croissance en hauteur de 64 %. Par rapport au sol désinfecté, le gain est de 49 %.

- **Effet de l'inoculation sur la levée des semis** (Fig. 4).

Contrairement à ce que nous avons observé pour le Douglas, les différents traitements « fongiques » n'ont pas affecté significativement la levée qui, de toute façon, a été faible.

Observation sur la mycorhization

L'essai restant en place une année supplémentaire, nous n'avons pas pu faire des comptages systématiques pour quantifier la mycorhization.

Nous n'avons arraché que quelques plants dans les divers traitements, ce qui nous a permis cependant d'avoir une idée de l'intensité de la mycorhization.

Aucune mycorhize n'a été observée dans les traitements où le sol a été désinfecté. La mycorhization est faible dans les traitements où le sol n'a pas été désinfecté, aussi bien sur douglas qu'épicéa. Les mycorhizes sont d'un seul type, à mycelium blanc « pelucheux ».

La mycorhization est également très faible, voire nulle, dans les traitements où nous avons inoculé *Boletus granulatus* ; ceci explique que, dans tous les cas, les traitements sur sol désinfecté et sur sol désinfecté inoculé par *Boletus granulatus* soient équivalents.

Technique et forêt

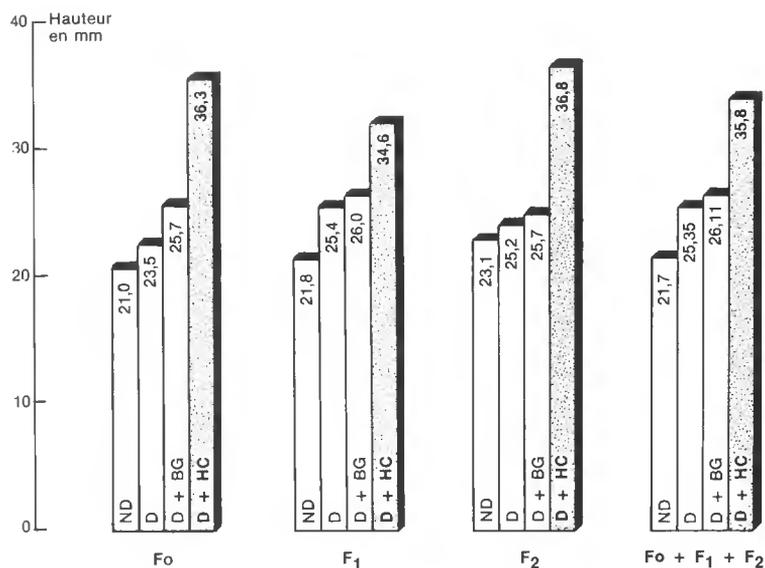


Figure 3. — ÉPICÉA.
Hauteur en mm après 4 mois de végétation.

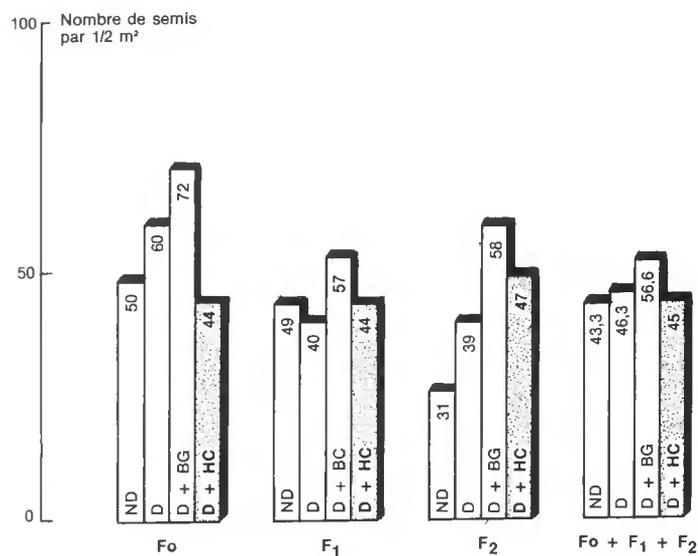


Figure 4. — ÉPICÉA.
Nombre de semis après 4 mois par 1/2 m².

ND : non désinfecté
D : désinfecté
D + BG : désinfecté + *Boletus granulatus*
D + HC : désinfecté + *Hebeloma cylindrosporum*

Fo : pas de fertilisation avant le semis
F1 : 7,5 g/m² de N, de P₂O₅, de K₂O
F2 : 15 g/m² de N, de P₂O₅, de K₂O

La mycorhization a réussi à 95-100 % dans les traitements avec *Hebeloma cylindrosporum* aussi bien pour l'épicéa que le douglas. Si la quasi-totalité des plants est mycorhisée par l'hebelome, dont les mycorhizes sont facilement reconnaissables, l'infection est assez variable selon les plants. Les plus vigoureux sont totalement mycorhizés, alors que les moins beaux ne portent que quelques mycorhizes au voisinage du collet.

Nous n'avons observé aucune mycorhize autre que celles d'*Hebeloma cylindrosporum*.

Essai annexe : inoculation en sol non désinfecté

L'inoculation par *Boletus luteus* a pu être faite avec suffisamment de répétitions et a donc pu être interprétée statistiquement. Nous ne tiendrons pas compte de la fertilisation dont les effets sont toujours nuls.

Par contre, les effets dépressifs de l'inoculation sont nets sur la levée et la survie des semis.

Le nombre des semis est considérablement affecté par l'inoculation, que ce soit par rapport au sol désinfecté ou par rapport au sol non désinfecté. Par contre, il n'apparaît pas d'effet dépressif sur la croissance en hauteur des deux espèces.

Nous avons effectué quelques observations de racines dans le traitement sur sol non désinfecté, inoculé par *Boletus luteus*. Nous avons observé sur douglas et épicéa quelques rares mycorhizes de *Boletus luteus* et quelques rares mycorhizes de type « pelucheux » caractéristiques de la pépinière. Si la mycorhization est faible dans ce type de traitement, ce n'est pas là la cause de cet effet dépressif important.

L'hypothèse la plus vraisemblable est que l'inoculum que nous avons introduit et qui est riche en éléments favorables au développement des micro-organismes (sucres) a entraîné une prolifération des germes pathogènes qui sont manifestement présents dans le sol de la pépinière.

L'inoculation par *Hebeloma cylindrosporum* en sol non désinfecté au préalable n'a pu être faite avec suffisamment de répétitions pour que les résultats soient significatifs. Néanmoins, il ne semble pas qu'il y ait d'effets positifs. Il est probable dans ce cas que la prolifération des germes pathogènes a contrebalancé l'effet positif de l'Hebelome.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'inoculation directe d'un sol de pépinière par une souche connue, sans désinfection des sols au préalable, ne semble pas possible, du moins dans les conditions où nous l'avons pratiquée. La présence dans l'inoculum de sucres et d'autres métabolites semble provoquer un développement important de germes pathogènes, dont les effets se sont probablement fait sentir à plusieurs niveaux : absence de levée, fonte de pré- et de post-émergence, effet dépressif sur le système racinaire et finalement réduction de croissance.

Cependant, d'autres méthodes sont envisageables, comme par exemple l'inoculation avec élimination préalable des sucres par lavage, ou l'inoculation par des plants mycorhizés en conditions contrôlées par une souche efficace. Ces méthodes seront essayées dans une prochaine expérience.

Après désinfection du sol, par contre, l'inoculation de l'épicéa et du douglas par *Hebeloma cylindrosporium* a été un succès complet. Le pourcentage de plants mycorhizés est de l'ordre de 95 à 100 %, sans pratiquement aucune contamination de la flore fongique normale de la pépinière. Nous avons ainsi obtenu 3 000 semis de douglas et 500 semis d'épicéas mycorhizés par *Hebeloma cylindrosporium*. Ce résultat est à souligner, car au stade de la pépinière de nombreux échecs ont été enregistrés, souvent en raison de contamination. Jusqu'à présent en dehors des zones tropicales ou équatoriales où il n'existe que peu de champignons ectomycorhiziens naturels, seuls Rayner et Levisohn avec *Rhizopogon luteolus* en Grande-Bretagne, Moser et Göbl en Autriche avec *Boletus pleurans*, Marx et ses collaborateurs avec *Pisolithus tinctorius* aux États-Unis, avaient réussi à maîtriser la mycorhization en conditions normales de pépinières. Signalons aussi qu'en France la mycorhization du chêne et du noisetier par la truffe (*Tuber melanosporum*) est passée au stade commercial (Société Agritruffe) ; mais la mycorhization se fait sous tunnel plastique, en pots et par carpophore broyé après désinfection du sol (procédé I.N.R.A., Grente et Chevalier).

Les raisons du succès enregistré à Peyrat-le-Château sont de deux ordres :

- microflore fongique naturelle peu efficace ou niveau d'inoculum très faible ;
- très grande rapidité d'infection et efficacité d'*Hebeloma cylindrosporium* comme l'avaient déjà montré Mousain, Delmas et Poitou sur Pin maritime.

Il faut souligner la remarquable efficacité d'*Hebeloma cylindrosporium* sur Épicéa et Douglas. Par rapport à la microflore normale de la pépinière de Peyrat-le-Château, l'*Hebelome* assure un gain de croissance en hauteur du Douglas de 26 % et améliore le nombre de semis de 43 %. Notons que ce gain sur le nombre des semis est dû aussi pour 12 % à la désinfection.

Sur Épicéa, l'effet est encore plus spectaculaire puisque, si le nombre de semis n'est pas modifié, la croissance en hauteur est augmentée de 64 %. Là aussi, le gain par rapport à la microflore normale est dû en partie à la désinfection du sol, celle-ci jouant pour au moins 15 % sur l'amélioration de la croissance en hauteur, par élimination momentanée des germes pathogènes.

Il est très intéressant de noter également que cet effet spectaculaire de la mycorhization a été obtenu à un niveau de fertilité chimique très élevé. Le sol de la pépinière de Peyrat-le-Château a été amené à ce niveau par des fumures très abondantes (et probablement trop abondantes) pratiquées tous les ans depuis 12 ans. Dans l'essai que nous avons mené, nous avons encore augmenté le niveau de fertilité chimique en apportant pour le traitement F₂ 150 kg de N, 150 kg de P₂O₅ et 150 kg de K₂O à l'hectare.

Quel que soit le traitement « microbiologique », nous n'avons jamais obtenu une réponse significative à la fertilisation, ce qui montre bien que le niveau de fertilité chimique est à son maximum possible, au moins pour des semis 1-0.

Par contre, la fertilité « microbiologique » est à un niveau très faible, voire nul : le manque d'extracteurs microbiologiques efficaces en est le facteur limitant. Cette absence de symbiotes efficaces ne peut-être compensée par un niveau élevé de fertilité chimique, aussi élevé soit-il.

L'introduction d'*Hebeloma cylindrosporium* permet d'utiliser convenablement les éléments minéraux du sol et d'améliorer la croissance de façon spectaculaire, même à un niveau de fertilité chimique très élevé, ce qui est une notion très nouvelle.

Le problème qui se pose maintenant est de savoir si la mycorhization par *Hebeloma cylindrosporium* et l'efficacité de ce champignon vont se maintenir pendant les trois années qui restent, avant de sortir les plants de la pépinière.

Le second problème est de savoir, dans le cas où l'*Hebelome* se serait maintenu en pépinière, si ce champignon est capable de survivre dans les grandes zones de reboisement du Massif Central,

F. LE TACON - J.M. VALDENNAIRE

de résister au froid, à la compétition de la microflore naturelle et à l'action de la callune, qui par ses exsudats racinaires détruit les basidiomycètes ectomycorhiziens.

Seuls des essais de plantations comparatives, qui seront mis en place dès que possible, pourront donner la réponse.

D'autres essais seront également effectués en pépinière avec d'autres champignons mycorhiziens choisis parmi les symbiotes les plus efficaces de l'Épicéa et du Douglas et dont le nombre est supérieur à 2 000.

François LE TACON

Maître de recherches

Jean-Marie VALDENNAIRE

Ingénieur des Travaux
des Eaux et Forêts

Station de recherche sur les sols forestiers et la fertilisation.

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIÈRES

(I.N.R.A.)

Champenoux
54280 SEICHAMPS

Avec la collaboration technique de MM. ADRIAN et TEXIER.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos vifs remerciements à M. Bazire, Directeur de l'Inventaire forestier national et à M. de Saint-Aubin, Directeur du Fonds forestier national, qui nous ont encouragés à installer cet essai. M. Chabrol, Directeur du Service régional d'Aménagement forestier du Limousin nous a accordé avec beaucoup de gentillesse toutes les facilités nécessaires.

La réalisation matérielle n'a pu être effectuée que grâce à la compréhension et à l'efficacité de M. Soler et de M. Texier, responsables de la gestion de la pépinière de Peyrat-le-Château.

Nos remerciements vont aussi à Daniel Mousain qui, avec Jacques Delmas et Nicole Poitou, avait ouvert la voie avec Hebeloma cylindrosporum sur le Pin maritime, et à Gérard Chevalier dont les premiers essais avec d'autres espèces fongiques se sont révélés très encourageants sur Douglas en serre.

Enfin, sans le travail remarquable de G. Bruchet sur les Hebelomes et qui a isolé la souche d'Hebeloma cylindrosporum, ces résultats n'auraient pas vu le jour.

BIBLIOGRAPHIE

- BAKSHI (B.K.). — Mycorrhiza and its role in forestry. P.L. 480, project report, 89 p.
- BOULLARD (B.). — Les mycorhizes. — Paris, Ed. Masson, 1969. — 131 p.
- BOWEN (G.D.). — Mycorrhiza inoculation in forestry practice. *Australian forestry*, vol. 29, n° 4, 1965, pp. 231-237.
- BOWEN (G.D.). — Mineral nutrition of ectomycorrhizae, pp. 151-205. *In* : Ectomycorrhizae : their ecology and physiology / G.C. Marks and T.T. Kozłowski ed., New York Academic Press, 1973.
- CHEVALIER (G.), GREUTE (J.). — Propagation de la mycorrhization par la truffe à partir des racines excisées et de plantules inséminatrices. — Société française de phytopathologie, V^e colloque, Paris, 18 mai 1973. *Annales de phytopathologie*, vol. 5, n° 3, 1973, pp. 317-318.
- DELMAS (J.), MOUSAIN (D.), POITOU (N.). — La symbiose mycorrhizienne : résultats obtenus avec *Hebeloma cylindrosporum* et *Pisolithus tinctorius* et les perspectives d'application agronomique, Mushroom Science, 1978, Part. 1, p. 949
- FONTANA (A.), BONFANTE (P.F.). — Sintesi micorrizica di *Tuber brumale* Vitt. con *Pinus nigra* Arnold. *Allionia*, 17, pp. 15-18.
- GÖBL (F.). — Erfahrungen bei der Anzucht von Mykorrhiza-Impfmaterial. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, vol. 92, n° 4, 1975, pp. 227-237.
- HACSKAYLO (E.), VOZZO (J.A.). — Inoculation of *Pinus caribaea* with pure cultures of mycorrhizal fungi in Puerto Rico. *Proceedings 14th IUFRO Congress*, Munich, vol. 5, 1967, pp. 139-148.
- HARLEY (J.-L.). — The biology of mycorrhizae. — Plant science Monographs, London, 1969.
- HATCH (A.B.). — The role of mycorrhizae in afforestation. *Journal of forestry*, vol. 34, n° 1, 1936, pp. 22-29.
- LAMB (R.J.), RICHARDS (B.N.). — Effect of density and time of application of inoculum and phosphorus amendment on mycorrhizal infection. *Soil biology and biochemistry*, vol. 6, 1974, pp. 167-171 ; 173-177.
- LE TACON (F.). — La mycorrhization contrôlée et ses possibilités d'application. Les progrès réalisés aux États-Unis. *Revue forestière française*, vol. XXX, n° 5, 1978, pp. 353-362.
- LEVISOHN (I.D.A.). — Growth stimulation of forest tree seedlings by the activity of free-living mycorrhizal mycelia. *Forestry*, 29, 1956, pp. 53-59.
- LEVISOHN (I.). — Effects of mycorrhiza on tree growth. *Soils and fertilizers*, vol. XXI, n° 2, 1958, pp. 73-82.
- MARX (D.H.), BRYAN (W.C.), CORDELL (C.E.). — Survival and growth of Pine seedlings with *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae after two years on reforestation sites in North Carolina and Florida. *Forest science*, vol. 23, n° 3, 1977, pp. 363-373.
- MARX (D.H.), MORRIS (W.G.), MEXAL (J.G.). — Growth and ectomycorrhizal development of loblolly Pine seedlings in fumigated and nonfumigated nursery soil infested with different fungal symbionts. *Forest science*, vol. 24, n° 2, 1978, pp. 193-203.
- MELIN (E.). — Physiology of mycorrhizal relation in plants. *Annual review of plant physiology*, 4, 1953, pp. 325-346.
- MIKOLA (P.). — Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice, pp. 383-411. *In* : Ectomycorrhizae : their ecology and physiology / G.C. Marks and T.T. Kozłowski ed., New-York Academic Press, 1973.
- MOMOH (Z.O.), GBADEGESIN (R.A.). — Preliminary studies with *Pisolithus tinctorius* as a mycorrhizal fungus of pines in Nigeria. *Research paper (savanna series)*, Federal department of forest research, n° 37, 1975.
- MOSER (M.). — Künstliche Mykorrhiza-Impfung und Forstwirtschaft. *Allgemeine Forstzeitschrift*, n° 1-2, 1965, pp. 6-7.
- RAYNER (M.C.). — Mycorrhiza in relation to forestry. *Forestry*, 8, 1934, pp. 96-125.
- ROUQUEROL (T.). — Physiologie et écologie des mycorhizes ectotrophes. *Oecologia Plantarum*, tome 2, n° 1, 1967, pp. 85-124.
- RUEHLE (J.L.), MARX (D.H.). — Developing ectomycorrhizae on containerized pine seedlings. *USDA Forest service research Note SE*, n° 242, oct. 1976, 8 p.
- SHEMAKHANOVA (N.M.). — Mycotrophy of woody plants. — Washington DC : US Department of Commercial Translation, TT 66 51073, 1962, 329 p.
- THEODOROU (C.). — Inoculation with pure cultures of mycorrhizal fungi of radiata Pine growing in partially sterilized soil. *Australian forestry*, vol. 31, n° 4, 1967, pp. 303-309.
- THOEN (D.). — Une nouvelle technique d'identification des mycorhizes ectotrophes par chromatographie sur couche mince. *Revue de mycologie*, t. 35, fasc. 4, 1970.
- TRAPPE (J.M.). — Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Annual review of phytopathology*, 15, 1977, pp. 203-222.
- VOZZO (J.A.), HACSKAYLO (E.). — Inoculation of *Pinus caribaea* with ectomycorrhizal fungus in Puerto-Rico. *Forest science*, vol. 17, n° 2, 1971, pp. 239-245.