
COMPÉTITIVITÉ DES CHAMPIGNONS ECTOMYCORHIZIENS

Premiers résultats et application à la sélection de souches pour la mycorhization contrôlée du Hêtre et du Chêne rouvre dans le Nord-Est de la France

J. GARBAYE

La plantation est de plus en plus utilisée en alternative à la régénération naturelle dans les chênaies et hêtraies françaises.

Comme ces deux essences sont très dépendantes de la symbiose ectomycorhizienne pour leur croissance, il est important d'étudier toutes les possibilités d'orienter la mycorhization des plantations dans le sens le plus favorable à la reprise et au développement des plants.

C'est pourquoi le Centre de Recherches forestières de Nancy (I.N.R.A.) étudie depuis 1979 l'écologie de la mycorhization chez le Chêne et le Hêtre dans le Nord-Est, l'inoculation des plants en pépinière, le comportement des différents types de mycorhizes après plantation et l'efficacité de différentes souches (Voiry, 1980 et 1981 ; Lainez, 1981 ; Wilhelm, 1983 ; Garbaye, 1983).

Un élément important de ce programme de recherche est la sélection des souches fongiques, non seulement en fonction de leur efficacité initiale, mais aussi d'après leur aptitude à se maintenir après la plantation en résistant à la compétition de la part des champignons en place. Pour être utilisable dans la pratique, une souche doit également être facile à manipuler : se cultiver facilement et infecter rapidement les racines des semis.

RECHERCHE DE SOUCHES FACILEMENT UTILISABLES

La première étape a été de constituer une collection d'environ 150 souches en culture (mycothèque), provenant à la fois d'autres laboratoires français et étrangers, et de nos propres isollements à partir de carpophores récoltés dans les chênaies et les hêtraies du Nord-Est et dans une large gamme de conditions écologiques (Voiry, 1980). Dans ce dernier cas, nous nous sommes également attachés à décrire, à partir des prélèvements de terrain, les mycorhizes correspondant aux espèces récoltées. Nous avons été aidés en cela par des travaux antérieurs (Luppi et Gautero, 1967 ; Fontana et Centrella, 1967 ; Peyronel, 1950).

Ces 150 souches appartiennent aux 30 espèces de la liste 1.

Le genre *Russula*, pourtant strictement ectomycorhizien et très représenté dans les forêts feuillues, ne figure pas dans cette liste car il est pratiquement impossible à cultiver. Il en est de même, à une exception près (*C. nemoreus*), pour le genre *Cortinarius*. Quant aux *Laccaria*, très souvent rencontrés, nous avons longtemps échoué dans les isolements faute d'utiliser une technique adaptée à ces champignons qui contiennent des bactéries. Depuis, nous disposons de souches de *Laccaria laccata*.

La deuxième étape a été de cultiver toutes ces souches sur trois milieux de culture différents et de ne retenir que celles présentant une croissance assez rapide pour permettre la préparation d'inoculum en grande quantité. Un milieu unique (Pachlewski) a été choisi comme convenant le mieux aux 30 souches ainsi retenues, qui appartiennent aux 18 espèces de la liste 2.

ESSAIS DE SYNTHÈSE

Les souches ainsi sélectionnées ont fait l'objet de la production d'inoculum par la technique de Marx et al. (1978), en bocaux de verre contenant un mélange tourbe-vermiculite imprégné de milieu nutritif de Pachlewski. Après 2 à 3 mois à 25 °C, le mycélium a entièrement colonisé le bocal. Cet inoculum est alors mélangé (1/5 en volume) à de la tourbe blonde qui sert à remplir des godets ouvrants de 200 cm³. Chaque godet reçoit alors une graine prégermée de Chêne rouvre (provenance Blois) ou de Hêtre (provenance Halatte, Picardie). Le tout est placé en serre au printemps et arrosé trois fois par semaine avec une solution nutritive très diluée (1/10 des concentrations optimales pour la croissance des feuillus). La mycorhization est en effet favorisée par les faibles concentrations en éléments nutritifs. Les godets sont périodiquement ouverts pour suivre les progrès de la mycorhization. Chaque traitement comporte au moins 32 semis.

Pour des raisons matérielles, toutes les souches n'ont pas été inoculées aux deux essences (cf. liste 2 : H = essai sur Hêtre et CR = essai sur Chêne rouvre).

Des inoculations ont également été tentées dans les mêmes conditions mais avec des inoculum autres que des cultures mycéliennes :

- spores séchées : *Scleroderma aurantium* (2 souches) mélangées avant semis ;
- mycorhizes excisées récoltées en forêt et dues à des champignons indéterminés : mycorhizes de *Lactarius subdulcis*, mycorhize jaune BR-1, mycorhize blanche A-18 et mycorhize brune lisse B-5, appliquées sur les racines deux mois après germination.
- morceaux d'hyménium frais (lamelles ou tubes) appliqués sur les racines deux mois après germination : *Amanita spissa*, *Lactarius subdulcis*, *Russula olivacea*, *Russula nigricans*, *Leccinum carpini*, *Cantharellus cibarius*, *Craterellus cornucopioides*, *Hydnum rufescens*.

Les résultats (Voiry, 1980) montrent que seul un petit nombre de souches ont effectivement formé des mycorhizes (tableau 1, à comparer à la liste 2), avec des vitesses et des taux de réussite variables. Pour les souches utilisées sous forme de mycélium, seuls les genres *Hebeloma*, *Paxillus* et *Scleroderma* ont donné des résultats positifs et une mycorhization rapide et abondante. Aucune relation n'a pu être mise en évidence entre le résultat des synthèses et les caractéristiques écologiques des stations d'origine des souches.

Pour les autres espèces, pourtant identifiées avec certitude comme mycorhiziennes des Chênes et du Hêtre par les observations de terrain, l'échec peut être dû à des conditions expérimentales mal adaptées ou à une spécificité vis-à-vis des peuplements adultes, dans lesquels tous les isolements ont été effectués. Des travaux récents (Thomas et al., 1982 ; Deacon, 1982 ; Mason et al.,

Biologie et forêt

LISTE 1	LISTE 2
<i>Amanita citrina</i> Schaeff. ex. Fr. Gray	
<i>Amanita gemmata</i> (Fr.) Gillet	(1 souche) H
<i>Amanita muscaria</i> (L. ex. Fr.) Pers. ex. Gray	
<i>Amanita rubescens</i> (Pers. ex. Fr.) Gray	(4 souches) H
<i>Amanita spissa</i> (Fr.) Kummer	(1 souche) CR-H
<i>Boletus edulis</i> Bull. ex. Fr.	(1 souche) CR-H
<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff. ex. Boud.	(1 souche) CR-H
<i>Boletus badius</i> Fr.	
<i>Boletus chrysenteron</i> Bull. ex. St Am.	(1 souche) CR-H
<i>Boletus subtomentosus</i> L. ex. Fr.	(1 souche) CR
<i>Cenococcum graniforme</i> (Sowerby) Ferd. et Winge	(2 souches) CR
<i>Clitopilus prunulus</i> Quélet	(2 souches) CR-H
<i>Cortinarius nemorensis</i> (Fr.)	
<i>Elaphomyces granulatus</i> Fries	
<i>Hebeloma crustuliniforme</i> Quélet	(4 souches) CR-H
<i>Hebeloma cylindrosporum</i> Romagnesi	(1 souche) CR-H
<i>Hydnum rufescens</i> (Schaeff.) Barla	(1 souche) CR
<i>Hygrophorus poetarum</i> Heim	(1 souche) CR
<i>Lactarius chrysorrheus</i> Fr.	
<i>Lactarius fuliginosus</i> (Fr.) Fr.	
<i>Lactarius quietus</i> Fr.	
<i>Lactarius subdulcis</i> (Bull. ex. Fr.) Gray	(4 souches) CR-H
<i>Leccinum carpini</i> (R. Schulz.) Moser ex. Reid	(1 souche) CR
<i>Leccinum duriusculus</i> (Schulz.) Sing.	
<i>Leccinum leucophaeus</i> Pers.	
<i>Paxillus involutus</i> (Batsch. ex. Fr.)	(1 souche) CR-H
<i>Pisolithus tinctorius</i> (Mich. ex. Pers.) Coker et Couch	(1 souche) CR
<i>Scleroderma aurantium</i> L. ex. Pers.	(3 souches) CR
<i>Tricholoma ustale</i> (Fr.) Kumm	
<i>Tuber albidum</i> Pico	

1982) ont en effet montré que de nombreuses espèces mycorrhiziennes ne s'associaient jamais aux jeunes plants, mais succédaient à des espèces pionnières. Parmi ces espèces pionnières sont d'ailleurs des *Hebeloma*, *Paxillus*, *Scleroderma* et *Inocybe*. Ceci est d'ailleurs parfaitement confirmé par les relevés de carpophores que nous avons effectués récemment dans les pépinières et les jeunes plantations, où nous n'avons trouvé que les espèces suivantes :

Hebeloma crustuliniforme
Hebeloma sacchariolens
Hebeloma mesophaeum
Inocybe lacera
Inocybe maculata
Inocybe decipiendoïdes

Scleroderma aurantium
Scleroderma areolatum
Paxillus involutus
Laccaria laccata
Thelephora terrestris
Tuber albidum

Cette liste, évidemment incomplète, confirme l'idée précédente.

A l'avenir, la présélection des souches sera donc simplifiée : on ne retiendra que les espèces présentes dans les très jeunes peuplements.

Tableau I **Détail des synthèses réussies sur tourbe en serre**

Champignon (espèce et souche)	Espèce de l'hôte	Type d'inoculum	Délais d'apparition des premières mycorhizes (mois) après inoculation	Pourcentage semis mycorhizés à 6 mois
<i>Hebeloma crustuliniforme</i> (SIV)	Chêne rouvre Hêtre	Mycélium	1,5 1,5	100 100
<i>Hebeloma crustuliniforme</i> (STH)	Chêne rouvre Hêtre	Mycélium	2 2	100 100
<i>Hebeloma cylindrosporum</i>	Chêne rouvre Hêtre	Mycélium	3 4	73 10
<i>Paxillus involutus</i> (STH)	Chêne rouvre Hêtre	Mycélium	2 2	100 100
<i>Pisolithus tinctorius</i>	Chêne rouvre	Mycélium	3,5	35
<i>Scleroderma aurantium</i> (DAR)	Chêne rouvre Chêne rouvre	Mycélium Mycorhizes	3,5 2,5	40 100
<i>Scleroderma aurantium</i> (STH)	Chêne rouvre	Spores	5	100
<i>Scleroderma aurantium</i> (MON)	Chêne rouvre	Spores	3	100
<i>Mycorhize jaune BR-1</i>	Chêne rouvre	Mycorhizes	2,5	100
<i>Mycorhize blanche A-18</i>	Chêne rouvre	Mycorhizes	2,5	47
<i>Mycorhize brune lisse B5</i>	Chêne rouvre	Mycorhizes	4	22

COMPÉTITIVITÉ DES SOUCHES

Les conditions générales d'expérimentation sont les suivantes : après un hiver passé en serre froide, les semis mycorhizés dans les conditions décrites précédemment ont été triés de façon à ne retenir que ceux qui étaient totalement mycorhizés par la souche introduite. Ils ont été repiqués, en pots ou en bacs, sur de la terre non désinfectée. Après deux saisons de végétation en serre non chauffée avec trois arrosages par semaine, le système racinaire des plants (racines développées depuis le repiquage) a été observé et chaque type de mycorhize présent a été quantifié visuellement et de façon approximative en utilisant la notation suivante :

- 0 : pas de mycorhizes
- 0,5 : rares mycorhizes dispersées
- 1 : mycorhizes moins rares, mais dispersées

- 2 : mycorhizes abondantes, groupées par paquets
- 3 : mycorhization abondante partout

Cette notation, qui tient autant compte de la distribution que de l'abondance, traduit la dynamique de l'infection : infections primaires (mycorhizes isolées) et infections secondaires (paquets), comme l'ont décrit Chilvers et Gust (1982) sur les Eucalyptus en pots.

Deux terres ont été utilisées, provenant de l'horizon A₁ de deux sols développés sur limon sous forêt feuillue mélangée à dominance de Hêtres et de Chênes :

- Amance : sol lessivé à pseudogley à mull mésotrophe
- Ligny : sol lessivé à mull mésotrophe

Ces deux terres ont été utilisées dès leur prélèvement en forêt, après passage à travers un tamis de 1 cm de maille.

Dans chaque expérience, un témoin est constitué de semis préparés de la même façon, mais ni inoculés ni mycorhizés.

Ces conditions expérimentales appellent un certain nombre de critiques :

- le climat de la serre est différent de celui de la forêt, ce qui peut modifier l'équilibre entre types de mycorhizes ;
- le fait de travailler en pots ou en bacs modifie considérablement les facteurs édaphiques (volume disponible, effet de paroi, architecture du système racinaire, régime hydrique) ;
- la microflore contaminante (spores aériennes) n'est pas la même dans la serre qu'en forêt.

L'extrapolation des résultats obtenus aux conditions réelles de plantation dépendra donc des résultats des plantations comparatives qui constituent l'étape ultérieure de ce programme, et dont certaines ont déjà été réalisées.

Cette façon d'expérimenter était la seule permettant d'avoir rapidement des résultats en conditions relativement contrôlés et sur un petit nombre de petits plants. Elle donne une image très intéressante du comportement de différentes populations d'ectomycorhizes et constitue une bonne approche de l'étude et de la compréhension des phénomènes de compétition.

RÉSULTATS DES DIFFÉRENTES EXPÉRIENCES

Expérience n° 1 (terre de Ligny, bacs de 40 l avec fond drainant de gravier, 24 plants par traitement). Les traitements et les résultats sont donnés sur les graphiques de la figure 1 (p. 38).

On voit que la souche *Hebeloma crustuliniforme* (S.I.V.) ne s'est pas maintenue sur le Hêtre, alors qu'elle s'est maintenue sur le Chêne rouvre après deux saisons de végétation. Toujours sur le Chêne, l'autre souche de la même espèce (S.T.H.) s'est également maintenue, mais avec une note un peu plus faible. *Paxillus involutus* (S.T.H.) a presque disparu, mais *Scleroderma aurantium* (M.O.N.) a colonisé tout le système racinaire (note 3).

Seuls deux types de mycorhizes sont présents dans le témoin : un type brun lisse ramifié et un type blanc lisse ramifié, tous deux non identifiés.

Le type brun est complètement éliminé par les Sclérodermes, alors que le type blanc n'est éliminé que par la souche D.A.R. Les Hébelomes n'éliminent pas le type brun, mais la souche S.T.H. élimine le type blanc. Quant à *Paxillus involutus* (S.T.H.), il n'élimine aucun des deux types.

Figure 1 :

Expérience n° 1 sur terre de Ligny.

Note d'abondance des différents types de mycorhizes en fin d'expérience.

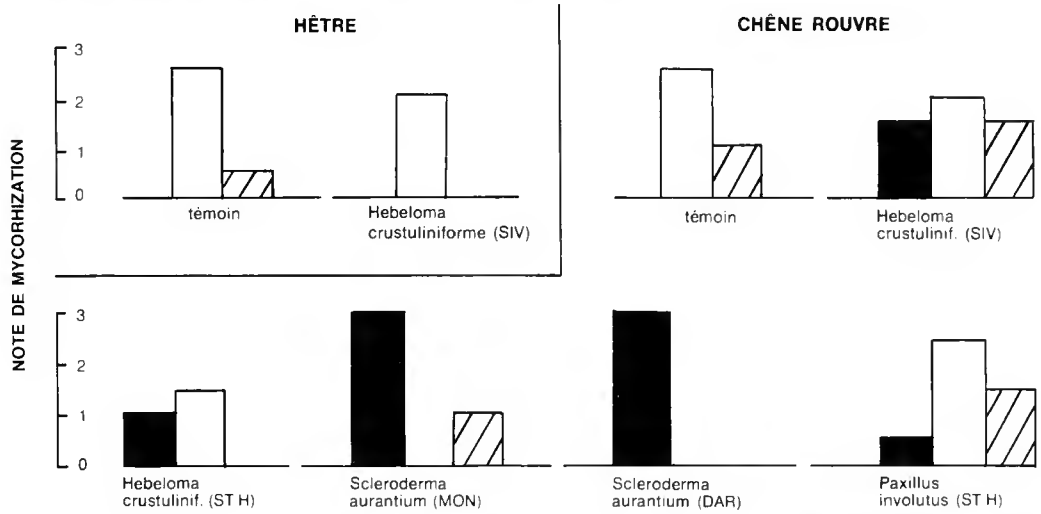


Figure 2 :

Expérience n° 2 sur terre d'Amance.

Note d'abondance des différents types de mycorhizes en fin d'expérience.

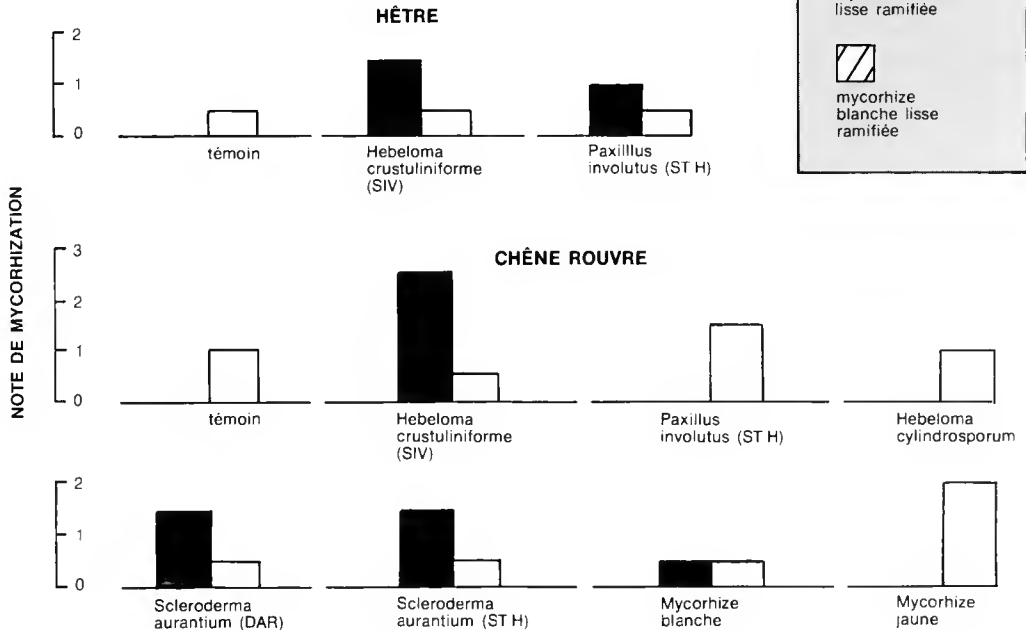
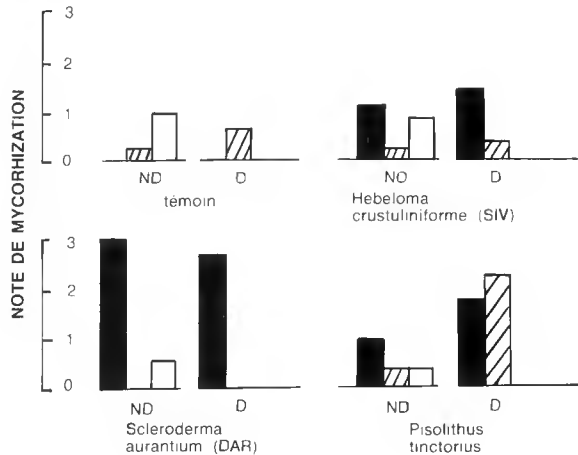
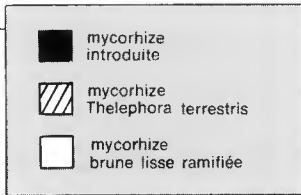


Figure 3 :

Expérience n° 3 sur terre d'Amance avec Chêne rouvre. Note d'abondance des différents types de mycorhizes en fin d'expérience.

N.D. : terre non désinfectée.

D. : terre désinfectée (fumigation au bromure de méthyle).



Expérience n° 2 (terre d'Amance, bacs à réserve d'eau « Riviera » de 10 l, 12 plants par traitement).

La figure 2 montre que, contrairement à ce que nous avons observé sur la terre de Ligny, *Hebeloma crustuliniforme* (S.I.V.) est la souche la plus performante en terme de compétitivité, à la fois sur le Hêtre et sur le Chêne. Les deux souches de *Scleroderma aurantium* se sont également très bien maintenues, alors que *Paxillus involutus* (S.T.H.) n'a subsisté que sur le Hêtre. Sur Chêne, *Hebeloma cylindrosporum* a complètement disparu, ainsi que la mycorhize jaune. La mycorhize blanche a presque disparu.

La seule mycorhize développée sur les témoins (brune lisse ramifiée) est très semblable à son homologue de la terre de Ligny. Elle n'est éliminée par aucune des souches introduites, et voit même son abondance augmenter lorsque les mycorhizes introduites ont disparu (sur le Chêne : *Paxillus involutus* et Mycorhize jaune).

Expérience n° 3 (Chêne rouvre, terre d'Amance, pots de 9 l, 10 plants par traitement).

La conception de cette expérience est différente, puisqu'elle compare la mycorhization des plants sur la terre brute ou désinfectée (fumigation au bromure de méthyle), afin de faire la part des compétiteurs présents dans le sol ou apportés par l'atmosphère.

On voit sur la figure 3 qu'on retrouve bien la mycorhize brune lisse ramifiée déjà observée sur terre d'Amance, et qu'elle est totalement supprimée par la désinfection. Par contre, on voit apparaître un nouveau type dû à *Thelephora terrestris*, toujours accompagné des nombreux carpophores coriaces et encroûtants de ce champignon très commun dans les serres et les pépinières. Il s'agit bien d'une contamination, puisque ces mycorhizes ne sont pas supprimées (elles semblent même favorisées) par la désinfection. Contrairement aux deux expériences précédentes, celle-ci était placée au sol dans la serre, environnée de plants en pots portant des carpophores de *Thelephora terrestris*. Comme ceux-ci émettent des spores toute l'année, la contamination a été facile.

Les souches introduites ne se comportent pas toutes les trois de la même façon : *Scleroderma aurantium* (D.A.R.) s'est totalement maintenue, avec ou sans désinfection, et a complètement empêché l'installation de *Thelephora terrestris*. *Hebeloma crustuliniforme* (S.I.V.) s'est maintenu, mais sans influence sur les mycorhizes du sol ou contaminantes, alors que *Pisolithus tinctorius* s'est maintenue mais en favorisant l'infection par *Thelephora terrestris* et en étant lui-même plus abondant sur terre désinfectée.

Ces trois expériences, réalisées dans des conditions différentes, mettent systématiquement en évidence la très grande compétitivité de *Scleroderma aurantium* sur les deux sols limoneux mésotrophes étudiés, et cela pour trois souches de ce champignon. *Hebeloma crustuliniforme*, par contre, voit son comportement varier suivant le sol : il est moins compétitif sur terre de Ligny, où la souche S.T.H. disparaît même lorsqu'elle est associée au Hêtre, que sur terre d'Amance. *Paxillus involutus* a un comportement variable mais n'est jamais très compétitif. Quant à *Hebeloma cylindrosporum* et les deux mycorhizes indéterminées, elles sont supplantées par la mycorhize naturelle de la terre d'Amance.

INOCULATION AU REPIQUAGE

Les résultats précédents montrent que certaines souches peuvent être très compétitives vis-à-vis de la microflore naturelle du sol lorsqu'elles sont introduites sous forme de mycorhizes déjà formées sur des semis préalablement inoculés hors compétition. On peut donc se demander si ces mêmes souches sont également compétitives dès le stade de l'infection, ce qui permettrait d'envisager l'inoculation à la plantation comme alternative à la production en pépinière de plants mycorhizés de façon contrôlée.

Nous avons expérimenté avec *Hebeloma crustuliniforme* (S.I.V.) sur Hêtre et sur sol d'Amance. Dans ces conditions, cette souche s'est en effet montrée compétitive mais également efficace (Garbaye, 1983). **L'expérience n° 4**, de courte durée, a porté sur l'influence de la quantité d'inoculum sur la réussite de l'infection, sur terre désinfectée ou non. Les fâines prégermées ont été semées sur la terre contenue dans des pots ouvrants de 400 cm³. Après deux mois en chambre de culture (jours de 16 h, 12 °C la nuit et 25 °C le jour), le système racinaire présente de nombreuses racines secondaires portant des racines courtes non mycorhizées ou en cours de mycorhization par la microflore naturelle dans le cas de la terre non désinfectée. Les pots sont alors ouverts et la face visible de la motte reçoit 5 ml d'une suspension de mycélium contenant une quantité connue de propagules⁽¹⁾ vivantes (Garbaye, 1982 et 1983 bis). En plus du témoin, trois doses ont été appliquées : 1, 10 et 100. Les pots sont maintenus dans la chambre de culture et ouverts périodiquement pour la notation de la mycorhization. Chaque traitement comporte 10 plants.

La figure 4 donne les résultats à 10 semaines. On voit qu'il y a très peu de différence de mycorhization par *Hebeloma crustuliniforme* suivant que la terre est ou n'est pas désinfectée. La grande réceptivité de ce sol à l'hébélome se confirme donc. Par contre, la dose d'inoculum a une grande importance sur le niveau de l'infection finale, et il est probable que la dose 100 (17 000 propagules vivantes par plant) n'est pas encore optimale.

On remarque également, sur la terre désinfectée, que la mycorhize brune lisse ramifiée caractéristique du sol d'Amance est d'autant moins abondante que *Hebeloma crustuliniforme* est mieux installé. Quant aux contaminations par *Thelephora terrestris*, elles ne s'observent que dans les témoins. Ces résultats suggèrent donc que l'inoculation directe à la plantation par *Hebeloma crustuliniforme* (S.I.V.) doit être possible sur sol limoneux mésotrophe, à condition d'utiliser une forte quantité d'inoculum.

Ceci a été vérifié dans une **expérience n° 5** [Hêtre et Chêne rouvre, terre d'Amance désinfectée ou non, pots de 5 l, *Hebeloma crustuliniforme* (S.I.V.), 8 plants par traitement]. Le mode opératoire est le même que pour les expériences 1 à 3, mais les semis non mycorhizés ont été inoculés au repiquage en déposant 50 ml d'inoculum vermiculite-tourbe au fond du trou de plantation.

(1) Propagule : tout organe de conservation et de dissémination pouvant assurer la régénération du champignon (hyphes, spores, sclérotés, etc.). Ici, il s'agit de fragments de mycélium.

La figure 5 donne les résultats à la fin de la deuxième saison de végétation en serre. On voit que l'infection mycorhizienne par la souche introduite a eu lieu même en présence de la microflore naturelle du sol.

Un essai de terrain reposant sur le même principe, mais en vraie grandeur, à partir de plants de Hêtre 40-50 non mycorhizés produits sur tourbe fertilisée, sera mis en place au printemps 1983. Plusieurs souches seront utilisées et l'inoculation se fera par pralinage.

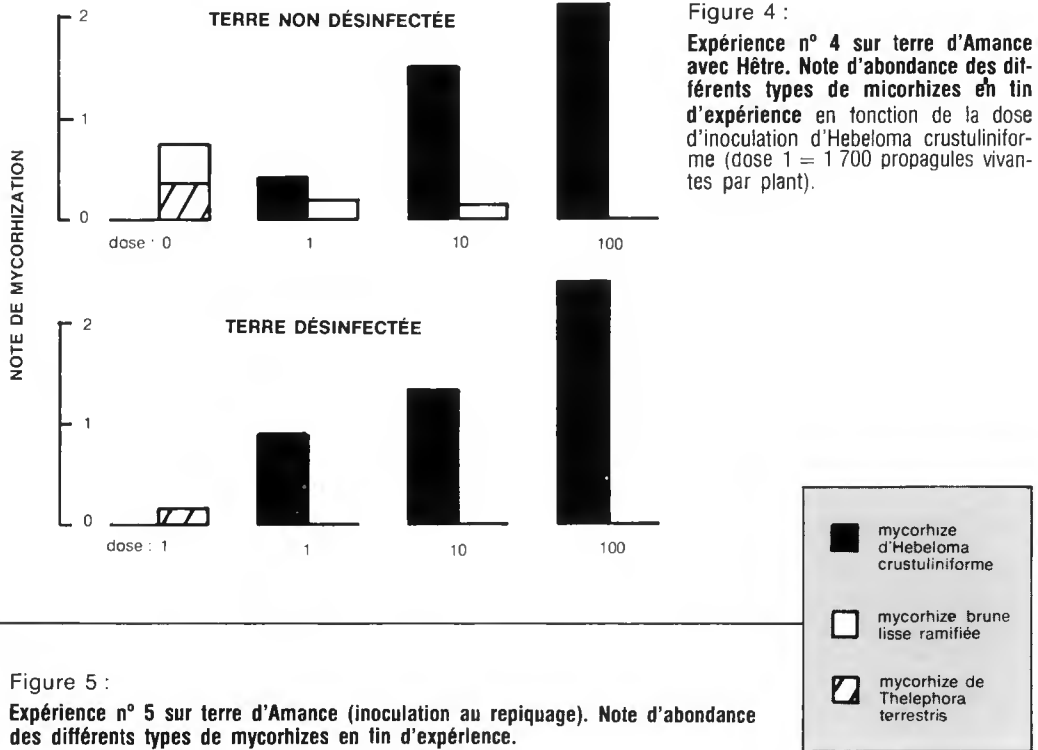
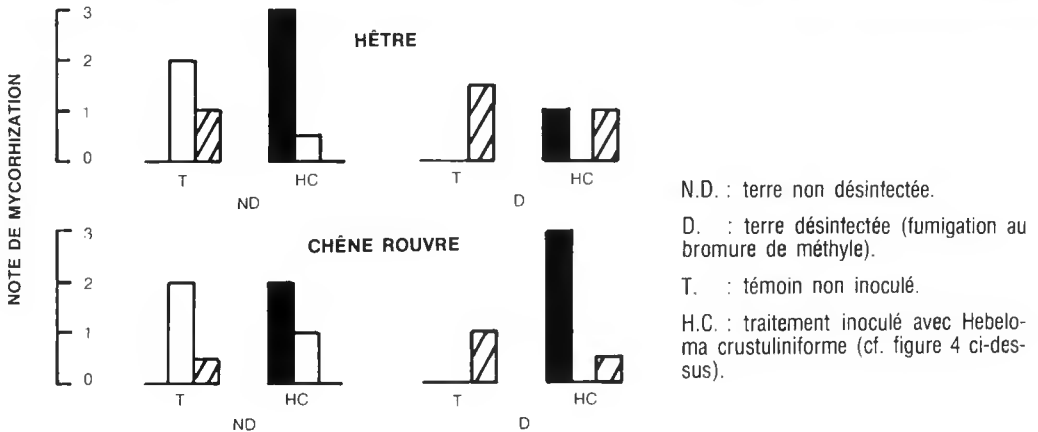


Figure 5 :
Expérience n° 5 sur terre d'Amance (inoculation au repiquage). Note d'abondance des différents types de micorhizes en tin d'expérience.



CONCLUSIONS

Bien qu'il soit trop tôt pour extrapoler ces résultats aux conditions de terrain, il apparaît que les expérimentations en pots permettent d'obtenir rapidement, et dans de bonnes conditions de répétition, des informations indispensables sur le comportement d'une souche ectomycorhizienne mise en présence d'un sol naturel et de sa microflore complexe.

Dans le domaine restreint qui nous intéresse ici (Hêtre et Chêne rouvre sur sol limoneux mésotrophe), les résultats les plus marquants sont :

— Malgré la manipulation d'un grand nombre d'espèces de champignons ectomycorhiziens du Chêne et du Hêtre, nous n'avons finalement sélectionné que très peu d'entre elles pour leur facilité d'utilisation : croissance en culture pure, préparation d'inoculum, rapidité d'infection sur un substrat de pépinière comme la tourbe. Cette limitation semble être due pour une grande part à l'incompatibilité de beaucoup de champignons avec les très jeunes hôtes. A l'avenir, nous rechercherons donc autant la variabilité entre souches d'une même espèce qu'entre espèces.

— Il existe de grandes différences de compétitivité entre les champignons étudiés : certains (*Scleroderma aurantium*) s'installent en limitant ou même en supplantant les mycorhizes naturelles; d'autres (*Hebeloma crustuliniforme*) se maintiennent parallèlement aux autres mycorhizes. Enfin, d'autres sont plus ou moins éliminés.

— L'espèce de l'hôte ligneux est également un facteur important : sur un même sol, une même souche est plus ou moins compétitive selon qu'elle est associée au Chêne ou au Hêtre.

— Le facteur sol (ici de faible amplitude) est moins important que les deux précédents. La sélection pourra porter sur l'amplitude écologique des souches.

— Au moins sur certains types de sols très réceptifs, il semble possible d'envisager une inoculation directe à la plantation sans désinfection du sol. Cette technique pourrait être une alternative intéressante à la mycorhization contrôlée des plants en pépinière.

Ces résultats définissent nos axes futurs de recherche dans le but de sélectionner des souches ectomycorhiziennes à la fois efficaces et compétitives, faciles à cultiver et adaptées aux conditions des plantations de Chêne rouvre et de Hêtre dans le Nord-Est. Les premières plantations comparatives ont déjà été installées.

L'obstacle le plus important au développement et à l'application de ces recherches est la difficulté actuelle de produire économiquement de grandes quantités d'inoculum mycélien de qualité. Cet obstacle est en passe d'être levé grâce au nouveau procédé mis au point en liaison avec la société Rhône-Poulenc (Le Tacon et al., 1983).

J. GARBAYE
Laboratoire de microbiologie forestière
CENTRE NATIONAL
DE RECHERCHES FORESTIÈRES (I.N.R.A.)
CHAMPENOUX 54280 SEICHAMPS

BIBLIOGRAPHIE

- CHILVERS (G.A.), GUST (L.W.). — The development of mycorrhizal populations on pot-grown seedlings of *Eucalyptus stjohnii* R.T. BAK. — *The New Phytologist*, 90, 1982, pp. 677-699.
- DEACON (J.W.). — Sequences and interaction of mycorrhizal fungi on Birch. — I.U.F.R.O. Conference on tree root systems and their mycorrhizae, Edinburgh and Canterbury, september 1982.
- FONTANA (A.), CENTRELLA (E.). — Ectomycorrhizae produced by hypogeous fungi. — *Allionia* 13, 1967, p. 149.
- GARBAYE (J.). — Quelques aspects de la compétitivité des souches ectomycorhiziennes. Les mycorrhizes, partie intégrante de la plante : biologie et perspectives d'utilisation. — Les colloques de l'I.N.R.A. — 1982.
- GARBAYE (J.). — Effet du champignon ectomycorhizien *Hebeloma crustuliniforme* sur la croissance du Chêne et du Hêtre. — *Revue Forestière Française*, n° 1, 1983, pp. 21-26.
- GARBAYE (J.). — Premiers résultats des recherches sur la compétitivité des champignons ectomycorhiziens. — *Plant and Soil* (Sous presse). — 1983 bis.
- LAINÉZ (J.). — La mycorrhization contrôlée du Hêtre et du Chêne en Lorraine ; premiers résultats en pépinière sur tourbe. — Mémoire de 3^e année E.N.I.T.E.F., C.N.R.F., 1981.
- LE TACON (F.), JUNG (G.), MICHELOT (P.), MUGNIER (M.). — Efficacité en pépinière forestière d'un inoculum de champignon ectomycorhizien produit en fermenteur et inclus dans une matrice de polymères. — *Annales des Sciences Forestières*, n° 2, 1983, pp. 165-176.
- LUPPI (A.M.), GAUTERO (C.). — Ricerche sulla micorrize di *Quercus robur*, *Q. petraea* et *Q. pubescens* in Piemonte. — *Allionia* 13, 1967, pp. 129-148.
- MARX (D.H.), MORRIS (W.G.), MEXAL (J.G.). — Growth and ectomycorrhizal development of Loblolly Pine seedlings in fumigated and non fumigated nursery soils infected with different fungal symbionts. — *Forest Science*, vol. 24, n° 2, 1978, pp. 193-203.
- MASON (P.A.), LAST (F.T.), PELHAM (J.) and INGELBY (K.). — Ecology of some fungi associated with an ageing stand of Birches (*Betula pendula* and *Betula pubescens*). — *Forest Ecology and Management*, n° 4, 1982, pp. 19-39.
- PEYRONEL (B.). — L'étude des mycorrhizes par l'observation directe. — Proc. Int. Union Forest. Res. Organ. 7 th, 1950.
- THOMAS (G.). — Changes in the mycorrhizal status of sitka spruce following outplanting. — I.U.F.R.O. Conference on tree root systems and their mycorrhizae, Edinburgh and Canterbury, september 1982.
- VOIRY (H.). — Les ectomycorhizes du Chêne et du Hêtre — possibilités d'application pratique. — Mémoire de 3^e année E.N.I.T.E.F., C.N.R.F. — 1980.
- VOIRY (H.). — Classification morphologique des ectomycorhizes du Chêne et du Hêtre dans le Nord-Est de la France. — *European Journal of Forest Pathology*, vol. II, n° 5-6, 1981, pp. 284-299.
- WILHELM (M.E.). — La mycorrhization du Chêne et du Hêtre — Maîtrise en pépinière et évolution après plantation. — Mémoire de 3^e année E.N.I.T.E.F., C.N.R.F. — 1983.