



HAL
open science

Bilan croissance-qualité d'un essai de mycorhization contrôlée sur Chêne pédonculé 16 ans après plantation.

Marc Fournier, Jean-Louis Churin, Florence Fontaine, Francis Colin, Jean Garbaye

► **To cite this version:**

Marc Fournier, Jean-Louis Churin, Florence Fontaine, Francis Colin, Jean Garbaye. Bilan croissance-qualité d'un essai de mycorhization contrôlée sur Chêne pédonculé 16 ans après plantation.. *Revue forestière française*, 2003, 55 (1), pp.25-33. 10.4267/2042/5151 . hal-03449409

HAL Id: hal-03449409

<https://hal.science/hal-03449409v1>

Submitted on 25 Nov 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.

BILAN CROISSANCE-QUALITÉ D'UN ESSAI DE MYCORHIZATION CONTRÔLÉE SUR CHÊNE PÉDONCULÉ, 16 ANS APRÈS PLANTATION

MARC FOURNIER - JEAN-LOUIS CHURIN - FLORENCE FONTAINE
FRANCIS COLIN - JEAN GARBAYE

Par l'introduction de champignons symbiotiques sélectionnés plus performants que la moyenne, la mycorhization contrôlée des plantations forestières est un moyen d'accélérer sélectivement la croissance initiale de l'essence principale. En complément ou comme alternative à d'autres techniques (fertilisation, travail du sol), elle permet, sans intrants additionnels d'énergie ou de matières premières, d'économiser sur les opérations de dégagement et d'intervenir plus tôt dans les jeunes peuplements. Cette technique est appliquée à grande échelle dans plusieurs pays, notamment aux États-Unis avec le Douglas au Nord-Ouest et les Pins dans le Sud-Est, aux Philippines avec les Eucalyptus et les Pins, et en Australie avec *Pinus radiata*. En France, la seule application actuelle de la mycorhization contrôlée concerne la commercialisation depuis 1994 par le Groupement d'Intérêt économique (GIE) Forêt-Mycorhizes (sous label INRA) de plants de Douglas mycorhizés par la souche S238N du champignon *Laccaria bicolor* (Le Tacon *et al.*, 1997 ; Généré *et al.*, 1997). Ces plants ont une croissance en hauteur initiale supérieure de 20 % en moyenne à celle des plants non inoculés, et cet effet dure en moyenne cinq ans après la plantation (Le Tacon *et al.*, 1997), permettant de substantielles économies sur les dégagements.

Les recherches du Centre INRA de Nancy-Champenoux qui ont ainsi abouti avec le Douglas portent également sur les grands feuillus sociaux à ectomycorhizes que sont le Hêtre et les Chênes rouvre et pédonculé (Garbaye, 1984 et 1990 ; Garbaye et Wilhelm, 1984 ; Garbaye *et al.*, 1986). Dans le réseau de plantations expérimentales en cours de constitution dans le Nord-Est de la France, l'essai sur Chêne pédonculé de Frizon (Basses-Vosges) est le plus ancien. Il a été mis en place au printemps 1985 et fait partie des grandes plantations établies dans la région pour reconstituer les forêts détruites par une tornade en 1984. Sur les trois champignons introduits dans cet essai, à savoir *Hebeloma crustuliniforme*, *Laccaria laccata* et *Paxillus involutus*, seul ce dernier (le Paxille à bord enroulé) s'est révélé avoir procuré un gain de croissance significatif lors du dernier bilan de mesures réalisé en 1993, soit neuf ans après la plantation (Garbaye et Churin, 1997). Ce gain était très substantiel (+ 28 % sur le volume des tiges), et l'analyse détaillée des accroissements annuels a montré que l'effet positif de *Paxillus involutus* se faisait surtout sentir lors des années sèches, ce qui illustre le rôle-clé de la symbiose ectomycorhizienne dans la résistance des arbres à la sécheresse (Garbaye et Guehl, 1997).

Une autre expérience (Bouxières, Meurthe-et-Moselle), mise en place sur Chêne rouvre trois ans plus tard dans la même région, a confirmé l'intérêt potentiel de la même souche de *Paxillus involutus*, avec un gain de 50 % sur la hauteur et un doublement du volume des tiges à six ans

(Garbaye et Churin, 1997). Enfin, plus récemment, une souche de *Paxillus involutus*, encore plus performante dans les jeunes plantations de Chênes et de Hêtre, a été sélectionnée.

Il apparaît donc d'ores et déjà que l'espèce de champignon ectomycorhizien *Paxillus involutus* est un excellent candidat pour la mise en œuvre opérationnelle de la mycorhization contrôlée des feuillus sociaux, de la même façon que *Laccaria bicolor* l'a été pour le Douglas dès la fin des années 1980 (Le Tacon *et al.*, 1988 et 1992). Cependant, avant de développer un procédé commercial concernant le Hêtre et les Chênes, il convient d'étendre le réseau expérimental et d'évaluer de façon aussi complète que possible les effets secondaires de l'inoculation sur le jeune peuplement fermé, au moment où les premières interventions sylvicoles sont programmées (cloisonnement, sélection/désignation de tiges d'avenir, éclaircie, etc.). C'est pourquoi nous sommes revenus sur la plantation de Frizon 16 ans après sa création et huit ans après les dernières mesures analysées, en accordant une attention particulière à l'effet du traitement fongique sur des caractères des arbres et du peuplement qui retiennent sur sa qualité à long terme et sur la sylviculture qu'il conviendra de lui appliquer, à savoir la distribution des diamètres des tiges, l'architecture des houppiers ou la fréquence des gourmands (pousses épécormiques dépréciant la future grume). Nous avons comparé les résultats des deux traitements expérimentaux ayant procuré les effets les plus contrastés sur la croissance : les plants témoins non inoculés en pépinière et les plants inoculés et mycorhizés par *Paxillus involutus*.

MODALITÉS DE PLANTATION ET OBSERVATIONS RÉALISÉES

Les plants 1+0 de Chêne pédonculé (*Quercus robur*, provenance Nord-Est) ont été produits en 1984 sur un lit de 20 cm de tourbe fertilisée désinfectée au bromure de méthyle (Delran *et al.*, 1975 et 1982) dans la pépinière ONF de Clairlieu à Villers-lès-Nancy, sous tunnel plastique. L'inoculum de la souche NAU (isolée en 1983 dans une pépinière de Chêne en Bourgogne) du champignon ectomycorhizien *Paxillus involutus* était constitué de mycélium cultivé aseptiquement dans un mélange de vermiculite expansée et de tourbe de sphaignes. Il a été mélangé à la tourbe immédiatement avant le semis des glands au printemps, à la dose d'un litre par m² pour le traitement *Paxillus involutus*. Le traitement témoin n'a reçu aucun inoculum (Garbaye et Perrin, 1986).

Lors de l'arrachage pour plantation à racines nues au printemps suivant, les plants mesuraient entre 30 et 50 cm de hauteur totale, sans différence significative entre les deux traitements. Les plants du traitement témoin étaient spontanément mycorhizés par *Thelephora terrestris* et, à un moindre degré, par *Laccaria* sp., dont les carpophores abondaient. Les plants du traitement inoculé par *Paxillus involutus* étaient tous majoritairement mycorhizés par ce champignon (environ 50 % des racines courtes mycorhizées par *Paxillus involutus* et les autres par *Thelephora terrestris* et *Laccaria* sp., espèces propres à la pépinière).

La plantation a été effectuée en fente en conservant la totalité des systèmes racinaires, à la densité de 4 000 plants par ha (1 x 2,5 m) le 15 mars 1985, sans préparation du sol, après coupe à blanc d'une chênaie-hêtraie adulte détruite par une tornade l'été précédent. Le terrain en pente faible, exposé à l'est, est situé dans la parcelle 36 de la forêt communale de Frizon (Vosges), sur une haute terrasse alluviale de la rive gauche de la Moselle entre Charmes et Épinal, à une altitude de 290-300 m. Le sol est du type lessivé à pseudogley sur limon, avec un pH compris entre 5,5 et 6 dans l'horizon de surface.

Chaque plateau unitaire contient 24 arbres mesurables (hors zones d'isolement), et les traitements sont répétés huit fois selon un dispositif en blocs complets (blocs homogènes constitués

après sondages à la tarière et cartographie des variations de profondeur de la marmorisation du sol, traitements répartis au hasard dans les blocs).

Les mesures de hauteur totale (à la perche graduée) et de diamètre à 1,30 m (au ruban) ont été réalisées en mars 2001, soit après la 16^e saison de végétation depuis la plantation, sur tous les arbres des huit placeaux du traitement "Tm" (Témoin) et des huit placeaux du traitement "Pi" (mycorhization par *Paxillus involutus*). En août 2001, soit au cours de la 17^e saison de végétation depuis la plantation, nous avons évalué la qualité de la tige déjà constituée en caractérisant l'élagage naturel et les gourmands. Le phénomène de l'élagage naturel peut se décomposer en la mortalité des branches que nous quantifions par la hauteur de la branche verte la plus basse (HBV) et en la disparition progressive de ces mêmes branches sous l'action des micro-organismes. Cette destruction est d'autant plus aisée que les diamètres ne dépassent pas 4 cm (Butin et Kowalsky, 1983 ; Nutto, 1997). Nous avons abordé ce second aspect par l'analyse du diamètre de la branche verte la plus basse (DBV). Parmi les gourmands visibles à un moment donné sur un tronc, on peut distinguer les gourmands de l'année (appelés "vivants d'un an") et les gourmands qui se maintiennent soit vivants (gourmands "vivants de 2 ans et plus") soit morts (gourmands "morts"). La persistance des gourmands peut donc être quantifiée en termes soit d'effectif de gourmands qui ne sont pas "vivants d'un an", soit de distribution d'âge des gourmands vivants, soit enfin de longueur de ces derniers (plus ils vivent longtemps, plus ils sont longs). La proportion de gourmands insérés au même endroit (gourmands groupés) et le nombre de ces regroupements informent à la fois sur les possibilités de renouvellement du stock de bourgeons de gourmands mais également sur la probable mise en place de picots (moignon d'axe portant des bourgeons) généralement considérés comme pouvant gravement altérer la qualité commerciale des grumes (Fontaine *et al.*, 2000). Les effectifs d'arbres décrits par placeau étaient (traitement x bloc) : Pix1 : 23 ; Pix5 : 22 ; Pix7 : 21 ; Pix8 : 20 ; Tmx1 : 19 ; Tmx5 : 22 ; Tmx7 : 18 ; Tmx8 : 21.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de la variance des résultats des mesures sur l'ensemble des huit blocs du dispositif (à deux facteurs contrôlés : bloc et traitement) révèle que la hauteur moyenne des arbres est significativement plus grande dans le traitement *Paxillus involutus* (7,56 m) que dans le traitement Témoin (7,22 m) au seuil de probabilité de 5 % ($p < 0,05$). Exprimée de façon relative par rapport au témoin, cette différence est faible (5 %) au regard de celle de 11 % enregistrée à 9 ans en 1993 (Garbaye et Churin, 1997). Cependant, elle s'est maintenue en valeur absolue depuis huit ans : 29 cm en 1993 et 34 cm en 2001. Il n'y a donc pas de différence significative sur l'accroissement en hauteur de 1993 à 2001. Tout cela signifie que l'effet positif initial de l'inoculation par *Paxillus involutus* a cessé de se manifester, très probablement du simple fait que le champignon introduit a progressivement cédé la place au complexe ectomycorhizien indigène comme en témoigne le fait que les carpophores de *Paxillus involutus*, très nombreux au début dans les placeaux correspondants, ne s'y trouvent plus maintenant. Ni le diamètre en 2001, ni l'accroissement en diamètre depuis 1993 ne présentent de différence significative entre les deux traitements.

Pour ce qui concerne la structure des peuplements, l'histogramme de répartition des classes de hauteur (figure 1, p. 28) montre que les arbres initialement mycorhizés par *Paxillus involutus* présentent des hauteurs moins dispersées que ceux du traitement témoin. Par contre, aucune différence notable n'apparaît avec la distribution des diamètres. Cette plus grande homogénéité des hauteurs est à rapprocher du fait que le taux de mortalité cumulée entre 1993 et 2000 (c'est-

à-dire à partir de huit ans après la plantation, bien après les séquelles de la crise de transplantation et la mortalité juvénile, et après fermeture du jeune peuplement) est moins élevé dans le traitement *Paxillus involutus* (2,4 %) que dans le témoin (6,8 %). Il semble donc que la compétition ne s'exerce pas de la même façon dans les deux types de peuplement : la mycorhization retarderait la hiérarchisation sociale et les effets de la compétition intra- et inter-spécifique.

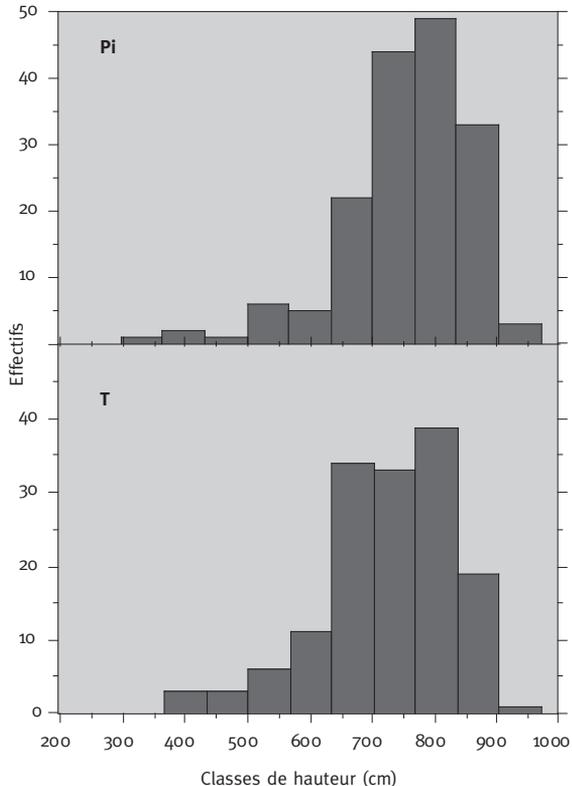


FIGURE 1
DISTRIBUTION COMPARÉE DES ARBRES
DES MODALITÉS
PAXILLUS INVOLUTUS (Pi)
ET TÉMOIN (T)
DANS 10 CLASSES DE HAUTEUR
(intervalle 50 cm)
SUR LES BLOCS DU DISPOSITIF

Le même traitement statistique des variables de croissance révèle aussi un effet bloc significatif ($p < 0,05$) sans interaction bloc-traitements. Les différences de croissance entre blocs nous ont conduit à retenir les quatre blocs 1 et 5 (les moins fertiles : 6,75 m de hauteur moyenne pour les placeaux témoins non inoculés) et 7 et 8 (les plus fertiles : 7,60 m) pour quantifier l'élagage naturel et les gourmands en août 2001, de façon à bien encadrer toute la gamme de vigueur rencontrée dans le dispositif.

Dans ce sous-échantillonnage, il apparaît un effet non significatif du traitement et très significatif du bloc sur la hauteur de la branche verte la

plus basse (HBV) ; l'interaction n'est pas apparue significative. Les valeurs moyennes (et écart-type) de HBV par bloc sont les suivantes : bloc 1 : 2,42 (0,63) ; bloc 5 : 2,74 (0,70) ; bloc 7 : 3,21 (0,76) ; bloc 8 : 2,95 (0,60). Le diamètre de la branche verte la plus basse (DBV) n'est pas différent d'un placeau à l'autre (moyenne générale et écart-type : 2,9 et 1,0). La très grande majorité des individus ont leur DBV inférieur à 4 cm, seuil au-dessus duquel la décomposition des branches pourrait être plus longue. Les quelques valeurs supérieures à 4 cm correspondent dans la plupart des cas à des branches très redressées, anciens brins de fourches.

Les arbres décrits présentent un nombre total de gourmands assez important, mais généralement inférieur à 50 (figure 2, p. 29) ; certains individus se différencient nettement car ils portent un effectif de gourmands beaucoup plus élevé pouvant aller jusqu'à 162 ; ces arbres sont les plus nombreux dans la modalité mycorhizée "Pi". Néanmoins, on ne peut pas mettre en évidence de différence significative entre les deux traitements, ni sur les médianes ni sur les distributions.

Pour identifier les modalités et les arbres qui présentent le plus de gourmands, nous avons ajusté un modèle statistique particulièrement adapté aux données de comptage : le modèle linéaire généralisé (McCullagh et Nelder, 1983). Parmi tous les facteurs et variables dendrométriques testés, seules la variable deltaHD (variation relative du produit hauteur x diamètre entre

FIGURE 2

DISTRIBUTION DU NOMBRE TOTAL DE GOURMANDS PAR ARBRE ET SELON LE TRAITEMENT

Les arbres qui portent le plus de gourmands se trouvent dans la modalité Pi

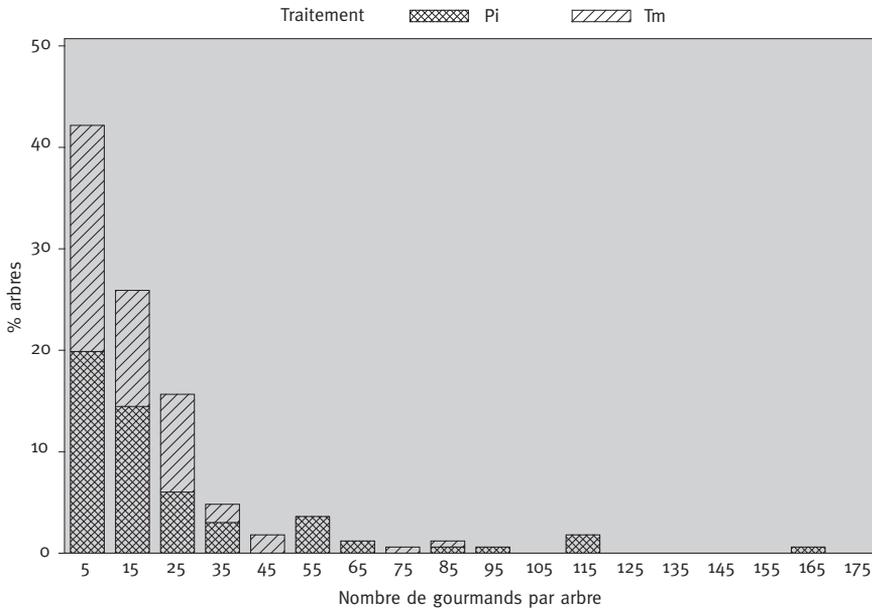
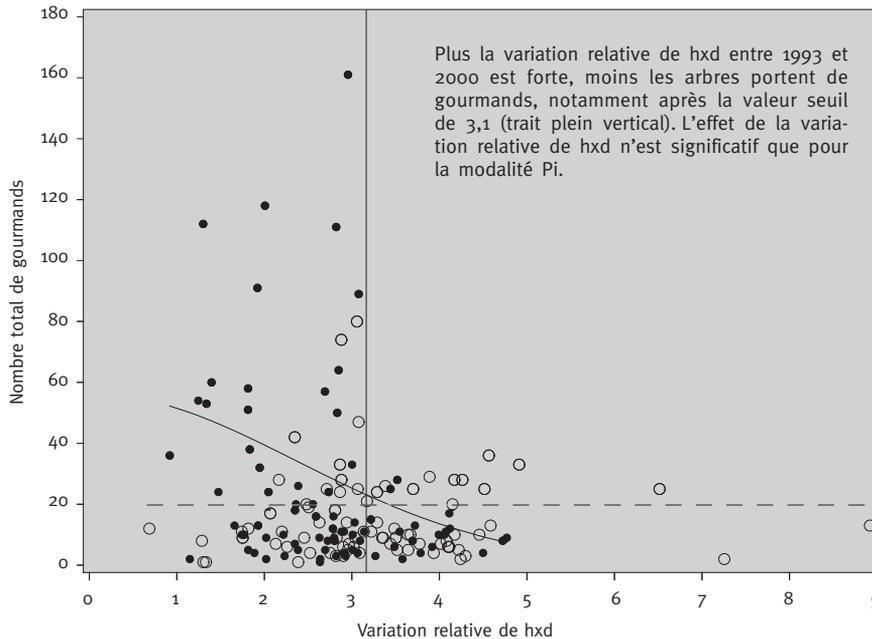


FIGURE 3

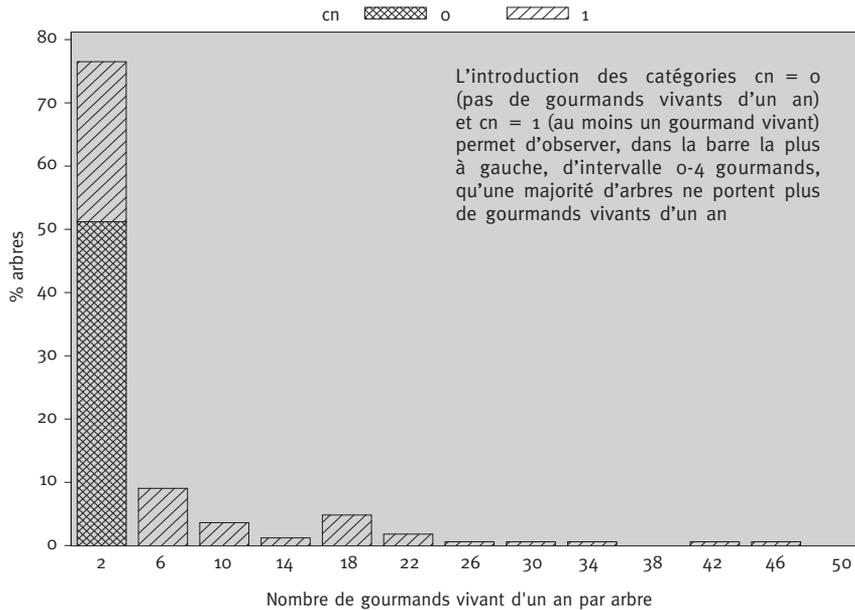
AJUSTEMENT DES EFFECTIFS TOTAUX DE GOURMANDS PAR ARBRE

Cercles noirs et ajustement en trait plein : traitement Pi
Cercles blancs et ajustement en trait discontinu : traitement Tm



les années 1993 et 2000) et la modalité traitement fongique expliquent significativement le nombre de gourmands par arbre (figure 3, p. 29). La tendance générale est que, plus la variable deltaHD est élevée, c'est-à-dire plus l'arbre a été vigoureux entre 1993 et 2000, moins celui-ci porte de gourmands en 2001 ; en particulier, au-delà de la valeur deltaHD = 3,1, les arbres portent considérablement moins de gourmands. Mais cette tendance diffère nettement entre les deux traitements : le nombre de gourmands ne dépend de la vigueur que dans le traitement Pi.

FIGURE 4 **DISTRIBUTION DU NOMBRE DE GOURMANDS DE L'ANNÉE PAR ARBRE ET SELON LE TRAITEMENT**



Si l'on ne considère que les gourmands vivants d'un an qui représentent le renouvellement annuel (ils constituent 19 % et 17 % des gourmands respectivement pour Pi et Tm), il ne peut être là non plus mis en évidence de différence statistique entre les deux modalités Pi et Tm.

La proportion d'arbres ne présentant pas de gourmands vivants de 1 an est significativement plus forte (méthode du Chi2) dans les blocs 1 et 5 (27/42 et 28/44 respectivement) que dans les blocs 7 et 8 les plus fertiles (15/49 et 15/41 respectivement). En revanche, on ne met pas en évidence d'effet du traitement fongique.

Parmi l'ensemble des gourmands, ceux insérés de manière groupée apparaissent significativement plus nombreux dans la modalité Pi (13,2 % contre 5,3 %). Cette différence semble due à la présence dans la modalité Pi d'une proportion plus grande d'arbres portant des regroupements.

La très grande majorité des gourmands recensés se maintiennent verts très peu longtemps (19 et 17 % de gourmands de l'année, 78 et 81 % de gourmands morts, dans les modalités Pi et Tm respectivement). Les différences observées entre modalités et blocs ne sont pas significatives (test du Chi2). De plus, la longueur des gourmands est, dans la plupart des cas, inférieure à 50 mm (moyenne : 36,5 ; écart-type 36,9). Par conséquent, on peut considérer que la très grande majorité des gourmands recensés sont des "poils" selon la définition proposée par Courraud (1987). La détérioration actuelle de la qualité du bois est donc négligeable.

CONCLUSIONS

Le bilan croissance-qualité de la plantation expérimentale de Chêne pédonculé de Frizon montre qu'en Lorraine comme pour d'autres essences dans différentes régions du monde (notamment, en France avec le Douglas), la mycorhization contrôlée des plantations de Chêne avec certaines souches fongiques sélectionnées peut procurer un gain très substantiel de croissance initiale, qui se traduit encore, 16 ans plus tard, par une plus grande hauteur et une plus grande homogénéité de structure du peuplement. Une dépréciation de la qualité des tiges due à la mycorhization ne peut être mise en évidence actuellement. Par contre, la présence de gourmands groupés en plus grand nombre sur les plus gros arbres initialement inoculés par *Paxillus involutus* conduit à s'interroger sur le risque de développement de picots.

Marc FOURNIER
 Élève-Ingénieur FIF
 ENGREF
 14, rue Girardet
 F-54042 NANCY CEDEX
 (fourniermarc@engref.fr)

Jean-Louis CHURIN – Jean GARBAYE
 Unité mixte de Recherche INRA-UHP IAM
 F-54280 CHAMPENOUX
 (jean-louis.churin@nancy.inra.fr)
 (jean.garbaye@nancy.inra.fr)

Florence FONTAINE
 Unité mixte de Recherche INRA UHP LERFOB
 F-54280 CHAMPENOUX
 ———— actuellement ————
 Laboratoire de Biologie et Physiologie végétales
 UFR Sciences
 UNIVERSITÉ DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE
 BP 1039
 F-51687 REIMS CEDEX 2
 (florence.fontaine@univ-reims.fr)

Francis COLIN
 Unité mixte de Recherche INRA UHP LERFOB
 F-54280 CHAMPENOUX
 (francis.colin@nancy.inra.fr)

Remerciements

Ces résultats doivent beaucoup à la coopération sans faille de l'Office national des Forêts lors de la production des plants inoculés dans la pépinière de Clairlieu, puis de la plantation, et enfin pendant les 17 années qui ont suivi. Les auteurs tiennent en particulier à remercier les responsables et le personnel de la pépinière de Clairlieu et de la Division d'Épinal-Charmes. J. Garbaye et J.-L. Churin expriment également leur gratitude à la mémoire du regretté François Bourgeois pour son aide technique décisive lors de la mise en place du dispositif.

BIBLIOGRAPHIE

- BUTIN (H.), KOWALSKY (T.). — Die natürliche Astreinigung der Stieleiche (*Quercus robur* L.). II. Die Pilzflora der Stieleiche. — *European Journal of Forest Pathologie*, vol. 13, 1983, pp. 428-439.
- COURRAUD (R.). — Les gourmands sur les Chênes "rouvre" et "pédonculé". — *Forêt-Entreprise*, n° 45, juillet-août 1987, pp. 20-33.
- DELTRAN (S.), GARBAYE (J.), LE TACON (F.). — Production rapide de plants feuillus sur tourbe fertilisée ; nouveaux résultats. — *Revue forestière française*, vol. XXVII, n° 6, 1975, pp. 437-448.
- DELTRAN (S.), GARBAYE (J.), KABRE (A.), LE TACON (F.), PERRIN (R.). — La Production rapide de plants feuillus sur tourbe fertilisée. Les problèmes microbiologiques posés par la réutilisation de la tourbe pendant plusieurs années consécutives. — *Revue forestière française*, vol. XXXIV, n° 4, 1982, pp. 314-326.
- FONTAINE (F.). — Les bourgeons épïcormiques chez le Chêne sessile (*Quercus petraea* Matt. Liebl.) : établissement des bases en vue d'une évaluation dynamique d'un potentiel épïcormique. — Université de Reims Champagne-Ardenne, 1999 (Thèse).
- FONTAINE (F.). — Les formations épïcormiques (bourgeons et gourmands) chez le Chêne sessile. Association entre les formations épïcormiques présentes sur le tronc et leurs traces laissées dans le bois. — Eds ONF, 2000. — 43 p.
- FONTAINE (F.), JARRET (P.), DRUELLE (J.-L.). — Étude et suivi des bourgeons épïcormiques à l'origine des gourmands chez le Chêne sessile. — *Revue forestière française*, vol. LIV, n° 4, 2002, pp. 337-356.
- GARBAYE (J.). — 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. — *Revue forestière française*, vol. XXXVI, n° 1, 1984, pp. 33-43.
- GARBAYE (J.). — Les problèmes posés par la mycorhization contrôlée du Chêne. — *Revue forestière française*, vol. XLII, n° 2 spécial "Chêne sessile, Chêne pédonculé et Chêne rouge d'Amérique en forêt française", 1990, pp. 233-239.
- GARBAYE (J.), CHURIN (J.-L.). — Growth stimulation of young oak plantations inoculated with the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus* with special reference to summer drought. — *Forest Ecology and Management*, vol. 98, 1997, pp. 221-228.
- GARBAYE (J.), GUEHL (J.-M.). — Le Rôle des ectomycorhizes dans l'utilisation de l'eau par les arbres forestiers. — *Revue forestière française*, vol. XLIX, n° spécial "Champignons et mycorhizes en forêt", 1997, pp. 110-120.
- GARBAYE (J.), MENEZ (J.), WILHELM (M.E.). — Les mycorhizes des jeunes chênes dans les pépinières et les régénérations naturelles du Nord-Est de la France. — *Acta Oecologica. Oecologia Plantarum*, vol. 7, n° 1, 1986, pp. 87-96.
- GARBAYE (J.), PERRIN (R.). — L'inoculation ectomycorhizienne de plants feuillus sur tourbe fertilisée : résultats sur Chêne pédonculé *Quercus robur* avec quatre souches fongiques. — *Journal européen de Pathologie forestière*, vol. 16, n° 4, 1986, pp. 239-246.
- GARBAYE (J.), WILHELM (M.E.). — Influence de la mycorhization acquise en pépinière sur la mycorhization de jeunes plantations de Chêne. — *Acta Oecologica*, vol. 5, 1984, pp. 151-161.
- GÉNÉRÉ (B.), BOUCHARD (D.), AMIRAULT (J.-M.). — Itinéraire technique en pépinière pour le Douglas de type 1+1 mycorhizé par *Laccaria bicolor* S238N. — *Revue forestière française*, vol. XLIX, n° spécial "Champignons et mycorhizes en forêt", 1997, pp. 155-162.
- LE TACON (F.), ALVAREZ (I.F.), BOUCHARD (D.), HENRION (B.), JACKSON (R.M.), LUFF (S.), PARLADE (J.I.), PERA (J.), STENSTRÖM (E.), VILLENEUVE (N.), WALKER (C.). — Variations in field response of forest trees to nursery ectomycorrhizal inoculation in Europe. In : *Mycorrhizas in ecosystems* / D.J. Read, D.H. Lewis, A.H. Fitter, I.J. Alexander Eds. — Oxford : CAB International, 1992. — pp. 119-134.
- LE TACON (F.), GARBAYE (J.), BOUCHARD (D.), CHEVALIER (G.), OLIVIER (J.-M.), GUIMBERTEAU (J.), POITOU (N.), FROCHOT (H.). — First results from ectomycorrhizal inoculation in France. In : *Canadian workshop on mycorrhizae in forestry* / M. Lalonde, Y. Piché Eds. — Québec : Université Laval, 1988. — pp. 51-74.
- LE TACON (F.), MOUSAIN (D.), GARBAYE (J.), BOUCHARD (D.), CHURIN (J.-L.), ARGILLIER (C.), AMIRAULT (J.-M.), GÉNÉRÉ (B.). — Mycorhizes, pépinières et plantations forestières en France. — *Revue forestière française*, vol. XLIX, n° spécial "Champignons et mycorhizes en forêt", 1997, pp. 131-154.
- NUTTO (L.). — Management of crown development, competition and self-pruning in young oak stands (*Quercus petraea* Liebl. and *Q. robur* L.) in middle Europe. Proceedings of the IUFRO Conference "Advances in Research in Intermediate Oak Stands. P1.06 Improvement and Silviculture of Oaks". 27-30 July, Freiburg i. Br. Germany. — 1997. — pp. 177-183.

BILAN CROISSANCE-QUALITÉ D'UN ESSAI DE MYCORRHIZATION CONTRÔLÉE SUR CHÊNE PÉDONCULÉ, 16 ANS APRÈS PLANTATION [Résumé]

Les arbres d'une plantation de Chêne pédonculé (*Quercus robur* L.) de 16 ans dans le Nord-Est de la France, réalisée avec des plants mycorrhizés ou non par le champignon *Paxillus involutus*, ont été étudiés du point de vue de la croissance, de l'élagage naturel et des gourmands. Les résultats montrent que la stimulation de croissance initiale se traduit encore par un effet significatif sur la hauteur totale, mais que le traitement fongique n'a plus d'effet sur la hauteur ou le diamètre de la première branche vivante. Les arbres initialement mycorrhizés par *Paxillus involutus* tendent à avoir plus de gourmands, avec une fréquence plus élevée de gourmands groupés. Cependant, la plupart de ces gourmands sont petits et de durée de vie très limitée, et la conclusion générale est que le gain de croissance procuré par la mycorrhization contrôlée n'est en rien compromis par d'éventuels effets secondaires pouvant déprécier la qualité des tiges.

EFFECT OF CONTROLLED MYCORRHIZATION ON GROWTH, NATURAL PRUNING AND EPICORMIC SHOOTS OF PEDUNCULATE OAK 16 YEARS AFTER PLANTING [Abstract]

The trees in a 16 year old plantation of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in north-eastern France, grown from planting stock both mycorrhizated with the fungus *Paxillus involutus* and untreated material, have been studied for growth, natural pruning and epicormic shoots. The results show that the initial growth stimulation due to controlled mycorrhization was still significant in terms of total height, but that the fungal treatment had no effect on the height or diameter of the first live branch. The trees initially mycorrhizated with *P. involutus* tended to form more epicormic shoots, with a higher frequency of clustered ones. However, most of these epicormic shoots are very small and short-lived, and the overall conclusion is that the extra growth provided by controlled mycorrhization has not been impaired by any side effects on stem quality.
