



LES PROGRÈS DANS LA MAÎTRISE DE LA CULTURE DE LA CHANTERELLE, *CANTHARELLUS CIBARIUS*

E. DANELL

La chanterelle, *Cantharellus cibarius*, est un champignon comestible unanimement apprécié quels que soient les pays ou la culture. Ce fait s'explique partiellement par ses caractéristiques morphologiques et sa pigmentation jaune qui la rend facilement identifiable. Ses qualités gustatives en font un champignon de choix dans l'art culinaire et contribuent pour l'essentiel à sa réputation. Il semble cependant que son abondance diminue en Europe (Arnolds, 1991, 1995), alors que la demande est en augmentation. En Autriche, aux Pays-Bas et en Allemagne, *Cantharellus cibarius* est sur la liste des espèces rares et en danger (Arnolds, 1995). Cette situation a conduit à l'importation de chanterelles d'Europe de l'Est (Danell, 1994a). Ces dernières années, des quantités importantes de chanterelles ont aussi été importées d'Amérique du Nord (Schlosser et Blatner, 1995). Cependant, des études récentes ont confirmé que ce qui était appelé *Cantharellus cibarius*, en provenance de la côte ouest de l'Amérique du Nord par les sociétés importatrices, était en réalité une autre espèce, *Cantharellus formosus* (Danell, 1995 ; Danell *et al.*, non publié).

Bien que la maîtrise de la culture d'un champignon aussi prestigieux que la chanterelle soit un vieux rêve, son actuelle situation en Europe a conduit à entreprendre des recherches intensives sur sa physiologie, son écologie et les techniques de culture (Danell, 1994a). Ce n'est que très récemment qu'une percée décisive a été effectuée dans la maîtrise de ce champignon (Danell et Camacho, 1997).

LES CHANTERELLES DANS LA NATURE

Cantharellus cibarius est un Basidiomycète appartenant à l'ordre des Cantharellales qui était autrefois inclus dans l'ordre des Aphyllophorales. La chanterelle a plusieurs caractères autres que cytologiques qui la rendent différente des champignons à lamelles (Maire, 1902 ; Juel, 1916 ; Smith et Morse, 1947 ; Corner, 1966 ; Petersen, 1971, 1973, 1985). Les fructifications sont très longévives et peuvent persister un mois ou plus, ce qui contraste avec beaucoup de champignons à lamelles dont les carpophores ne survivent pas plus d'une semaine (Danell, 1994a). Les carpophores de chanterelles atteignent leur taille définitive en une à deux semaines. Après cette période, l'hyménium produisant les spores continue cependant à se développer. Chez les Agarics, au contraire, la mise en

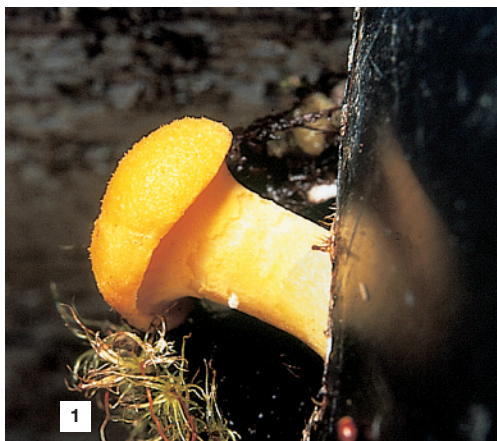
place de l'hyménium fertile se fait en une seule fois. Le nombre de spores produites par un Agaric en un jour est plus élevé que celui produit par une chanterelle pendant toute sa période de vie (Danell, 1994a). La plupart des champignons à lamelles sont très rapidement attaqués par des larves d'insectes, même si la durée de vie du carpophore est courte (Hammond et Lawrence, 1989). Les chanterelles sont peu attaquées par ces larves (Hackman et Meinander, 1979), ce qui est important pour la production de spores qui est très lente. Les raisons de cette protection contre les larves d'insectes sont inconnues. Du fait que les chanterelles produisent peu de spores et que ces spores ont une faible viabilité, la dispersion semble aléatoire.

Comme les truffes (e.g. *Tuber melanosporum* Vitt.), les chanterelles colonisent les racines d'arbres forestiers qui leur fournissent les composés carbonés dont elles ont besoin (Danell, 1994b). En contrepartie, le champignon fournit à l'arbre des éléments minéraux ; l'association est mutualiste (Smith et Read, 1997). Au contraire des Agarics qui disparaissent lorsque le substrat sur lequel ils se développent est épuisé, les champignons ectomycorhiziens peuvent se maintenir au même endroit pendant plusieurs années tant que l'arbre-hôte est vivant. En réalité, il y a compétition entre un très grand nombre de champignons ectomycorhiziens. Néanmoins, des observations faites en forêt montrent que les chanterelles sont d'excellents compétiteurs et peuvent rester à la même place pendant plusieurs décennies (Jahn et Jahn, 1986). Des observations non publiées, effectuées en serre, montrent que *Cantharellus cibarius*, une fois qu'elle a formé des mycorhizes, s'étend sur les racines sous la pression de champignons fréquents en pépinières comme *Laccaria* ou *Sphaerospora* (Danell, données non publiées). Une explication possible aux observations de terrain qui montrent que *Cantharellus cibarius* apparaît tardivement dans la succession des apparitions de carpophores lors d'un cycle forestier (Danell, 1994a ; O'Dell *et al.*, 1992 ; Oria de Rueda, 1989), pourrait être la faible fréquence du succès de l'infection en raison du peu de spores produites et de leur faible viabilité. Néanmoins, *Cantharellus cibarius* peut coloniser avec succès les racines des arbres car les génotypes qui s'établissent se maintiennent longtemps et peuvent produire beaucoup de spores pendant plusieurs décennies.

Selon la littérature, le spectre d'hôte de *Cantharellus cibarius* semble très large, incluant des genres tels que *Pinus*, *Picea*, *Castanea*, *Betula*, *Quercus*, *Corylus*, *Pseudotsuga*, *Eucalyptus* et *Shorea* (Danell, 1994a). Un examen plus attentif révèle que *Cantharellus cibarius* recouvre des espèces différentes comme *Cantharellus formosus* (Danell, 1995 ; Danell *et al.* en cours de publication). Des essais expérimentaux indiquent également que certaines souches de *Cantharellus cibarius* auraient une certaine spécificité et seraient inféodées à certains genres comme *Pinus* et *Picea*. Aucune spécificité n'existerait pour le genre *Betula* (Danell, 1994a). En raison du fait que les chanterelles se rencontrent dans des environnements variables tels que les forêts d'altitude à Bouleau, ou bien les forêts sèches ou humides d'Épicéa, il est très difficile de préciser les conditions écologiques où elles peuvent se développer. Des observations en forêt et des essais suggèrent que le mycélium se développe bien dans le sol entre 0 et 10 centimètres. Il semble préférer les sols bien drainés, une faible disponibilité en azote et un pH compris entre 4 et 5,5 (Danell, 1994a).

Diverses hypothèses ont été émises pour expliquer pourquoi *Cantharellus cibarius* est en voie de régression en Europe centrale. Selon Arnolds (1991), Egli *et al.* (1990) et Norvell (1995), la récolte n'aurait aucun impact. Cependant, le piétinement pourrait détruire les *primordia* ⁽¹⁾. Des chercheurs hollandais ont montré, par comparaison de cartes, qu'il y avait une corrélation entre les dépôts soufrés et la disparition de la chanterelle (Jansen et van Dobben, 1987). Aucune preuve scientifique n'a cependant été apportée. Les expériences non publiées de Simon Egli montrent que, huit ans après une coupe à blanc dans un site à chanterelle, aucune fructification n'a été observée. Il n'a cependant pas été démontré que le mycélium était mort. D'autres facteurs, comme une diminution de la fourniture de carbone par remplacement d'arbres adultes par de jeunes arbres, ou la modification

(1) *Primordia* : pluriel de *primordium*, fructification au premier stade de sa formation.



des conditions microclimatiques, pourraient expliquer l'absence de fructification. Les dépôts azotés pourraient avoir un impact non négligeable sur le développement du mycélium ectomycorhizien (Wallander, 1992). Beaucoup de champignons ectomycorhiziens semblent avoir des difficultés de régulation dans l'absorption de l'azote. Des dépôts azotés importants pourraient entraîner une demande accrue en composés carbonés. Aux Pays-Bas, dans des secteurs où la chanterelle disparaît, l'enlèvement de la surface du sol enrichi en azote stimule la fructification (De Vries *et al.*, 1995).



Photo 1
Fructification de *Cantharellus cibarius* formée dans un conteneur en plastique en association avec *Pinus sylvestris*.

Photo 2
Mycorhize de *Cantharellus cibarius* obtenue *in vitro* en association avec *Picea abies*.

Photos E. DANELL

LA CULTURE DE LA CHANTERELLE

Le premier obstacle à l'étude de *Cantharellus cibarius* est dû au fait que les carpophores sont toujours contaminés par des micro-organismes (plusieurs millions par gramme de matière fraîche). Ce sont essentiellement des bactéries de type *Pseudomonas* fluorescent (2) (Danell *et al.*, 1993). Par opposition, les carpophores de beaucoup d'autres espèces sont indemnes de contamination, du moins tant qu'ils sont jeunes. Beaucoup d'isolements, publiés ou non, effectués dans le passé par des méthodes habituelles, ne sont pas du mycélium de chanterelle, mais des contaminants (Danell, 1994a). À l'heure actuelle, toutes les cultures pures qui sont censées être du mycélium de *Cantharellus cibarius* doivent être confirmées par analyse de l'ADN et comparées avec de l'ADN de référence (Danell, 1994b).

(2) *Pseudomonas* fluorescents : bactéries qui sont fluorescentes en lumière ultraviolette sur un milieu carencé en fer.

Pour résoudre le problème de la contamination bactérienne, nous utilisons le milieu de Murashige et Skoog avec deux antibiotiques différents et un pH de 4,2 (Straatsma *et al.*, 1986). Pour éviter la contamination par les moisissures, nous utilisons en outre du bénomyl. Après 17 à 53 jours, dans environ un tiers des essais d'isolement, du mycélium de *Cantharellus cibarius* arrive lentement à se développer au-delà de la zone de contamination par les bactéries (Danell, 1994a).

Une autre possibilité pour obtenir du mycélium de *Cantharellus cibarius* passe par les spores. En 1979, Fries a réussi à obtenir pour la première fois du mycélium de chanterelle à partir des spores. Cependant, pour des travaux impliquant le cycle complet du champignon, il est préférable d'utiliser du mycélium obtenu à partir de carpophores. Du mycélium obtenu à partir de spores ne peut être relié à des caractères morphologiques de terrain et peut être stérile. Le milieu complexe utilisé par Fries a été une étape importante dans l'étude de la chanterelle. Son mycélium ne se développe pas en effet sur les milieux les plus courants (Danell, 1994a). Certaines souches de *Cantharellus cibarius* sont aussi affectées par l'autoclavage du milieu de culture. Il faut alors ajouter du charbon actif ou ajouter les éléments nutritifs après filtration.

Le rôle des bactéries contaminantes dans la nature est inconnu. Il a été montré par microscopie électronique que ces bactéries se multiplient à l'intérieur du carpophore. Danell *et al.* (1993) ont indirectement prouvé que ces bactéries se développent à partir des exsudats fongiques. La nature des exsudats fongiques a été déterminée par Unestam *et al.* (résultats non publiés). Il est possible que les fructifications de *Cantharellus cibarius* servent de niches à des bactéries ou à d'autres micro-organismes, sans que ceux-ci aient un rôle. Les populations de micro-organismes colonisant les carpophores reflètent les conditions de milieu qui règnent autour du mycélium végétatif. Elles sont très différentes des communautés que l'on rencontre dans le sol avoisinant. Les *Pseudomonas* fluorescents présents à l'intérieur des fructifications de chanterelle sont proches des bactéries qui induisent la fructification des Agarics (Rainey, 1991). Les bactéries des chanterelles sont aussi proches des bactéries qui favorisent l'établissement des mycorhizes (Garbaye *et al.*, 1990). Beaucoup de *Pseudomonas* ont des capacités d'altération et jouent un rôle important dans la mobilisation des éléments minéraux qui sont ensuite transférés à l'arbre par le champignon (Unestam *et al.*, non publié).

Une fois que le mycélium a été isolé et identifié, il peut être utilisé pour la synthèse de mycorhizes. Il existe de nombreuses méthodes (Finlay et Read, 1986 ; Fortin *et al.*, 1980 ; Kähr et Arveby, 1986 ; Molina et Palmer, 1982 ; Melin, 1922). La plupart de ces méthodes ont été mises au point pour des champignons mycorrhiziens à croissance rapide. Elles sont particulièrement utiles pour la mise au point d'outils permettant une approche de la compréhension générale du fonctionnement des mycorhizes. Pour les chanterelles, les méthodes non axéniques ⁽³⁾ n'ont jamais donné de résultats. Les méthodes axéniques classiques en tube n'ont donné qu'un très faible pourcentage de réussite (Moore *et al.*, 1989 ; Danell et Fries, 1990). La méthode suivante basée sur celle de Jentschke *et al.* (1991) a été utilisée avec succès par Danell (1994a, 1994b). Pour obtenir des mycorhizes, il est d'abord nécessaire de cultiver le mycélium en milieu liquide. Après quatre à six semaines, le mycélium est mis en suspension. Des jeunes semis de pins obtenus axéniquement sont placés pendant quatre semaines sur un milieu de sable siliceux lavé à l'acide. L'inoculation se fait ensuite à l'aide de la suspension mycélienne. L'ensemble est scellé et connecté à un réservoir de solution nutritive muni d'une pompe péristaltique ⁽⁴⁾. Un système de drainage et de circulation d'air stérile est mis en place. L'enceinte est placée dans une chambre de croissance où sont contrôlées l'intensité de l'éclairage, la photopériode et la température. La raison du maintien du système en conditions axéniques est due au fait que la croissance du mycélium de *Cantharellus cibarius* ne peut être obtenue sans addition de glucose à la solution nutritive. Ce sucre est nécessaire au mycélium pour qu'il puisse se développer avant de former des mycorhizes. Dans ces conditions, les premières myco-

(3) Axéniques : en conditions stériles.

(4) Péristaltique : qui permet la propagation par ondes de contraction.

E. DANELL

rhizes se forment à partir de 8 à 12 semaines. D'autres champignons, comme *Lactarius rufus*, utilisés dans les mêmes conditions, n'ont pas besoin de sources extérieures de carbone pour former des mycorhizes.

Lorsque les mycorhizes sont formées, les semis sont transférés en conditions non stériles. Les pots de culture sont placés en serre. Après un an, les semis ont un développement suffisant pour que les carpophores apparaissent (Danell et Camacho, 1997). Ces premiers carpophores avaient une coloration normale, un parfum normal et un hyménium produisant des spores. Ils contenaient aussi des *Pseudomonas* fluorescents. Un faible nombre de carpophores se sont différenciés à partir d'un nombre important de *primordia*. Leur taille maximale était de 3,5 cm. Les premières fructifications sont apparues dans les trous de drainage des pots. Elles se sont développées vers le bas, puis se sont retournées vers le haut lorsqu'elles sont sorties des pots. Ultérieurement, des carpophores se sont développés à la surface du sable. Ils semblaient phototrophes puisqu'ils se développaient en direction des sources de lumière. La souche de *Cantharellus cibarius* utilisée a été sélectionnée parmi 50 autres. Elle avait été isolée à partir d'un carpophore huit ans auparavant.

Des spéculations antérieures basées sur des observations en forêt suggéraient que le mycélium de *Cantharellus cibarius* devait être âgé pour fructifier ou qu'il ne pouvait donner des carpophores qu'en étant associé à des arbres âgés dont la physiologie était différente de celle des jeunes plants. On a dit aussi que la chanterelle ne pouvait apparaître que sur des sols dont les caractéristiques avaient été modifiées par l'existence de peuplements âgés. Nous savons maintenant que *Cantharellus cibarius* est capable de former des mycorhizes avec des semis de trois mois et peut fructifier en serre en association avec des plants d'un an dont la taille est équivalente à celle de plants de deux ou trois ans en conditions forestières.

Aucune astuce n'est nécessaire pour obtenir la fructification. Godbout et Fortin (1992) ont montré qu'en raccourcissant la photopériode et en arrêtant la croissance de la plante-hôte, il était possible de modifier le processus de fructification de *Laccaria*. Des essais en chambre de croissance n'ont pas confirmé ces résultats pour *Cantharellus cibarius* (Danell, 1994a). Des observations courantes de terrain montrent qu'en Suède ou partout en Europe *Cantharellus cibarius* peut fructifier en mai ou en juin bien avant l'arrêt de la période de végétation. En serre, la fructification a été observée d'avril à juin, et de nouveau en novembre 1996. Il est possible que la fructification soit induite dès qu'il y a suffisamment de sucres accumulés par la plante-hôte.

APPLICATIONS COMMERCIALES ET IMPLICATIONS SCIENTIFIQUES

Le pas décisif qui a été franchi par l'obtention de fructifications en serre est trop récent pour déterminer quelle est la meilleure stratégie de culture en vue d'un développement commercial. Il faut d'abord envisager une production massive de plants mycorhizés. Un semis inoculé axéniquement pourrait être transféré en serre et contaminer de proche en proche les semis voisins. Ces plants pourraient être alors transplantés en forêt comme cela est fait pour les plants truffiers (Rocchia, 1992 ; Giovannetti *et al.*, 1994). Les recherches actuelles sont orientées vers l'optimisation des conditions d'environnement en serre. Une nouvelle compagnie suédoise (*Cantharellus AB* ⁽⁵⁾) tente d'adapter la technique pour la commercialisation. Les meilleures souches de *Cantharellus cibarius* ont été déposées auprès de la Communauté européenne.

(5) Télécopie : 46.8.6113628.

Les possibilités d'application en vue de l'amélioration de la production des champignons comestibles

Le fait que des carpophores puissent être maintenant obtenus en serre au bout d'un an pourrait avoir une grande importance pour l'étude scientifique des processus physiologiques qui déterminent la fructification : biomasse critique de l'hôte et de son associé fongique, conditions optimales d'environnement, génétique, rôle des bactéries et des insectes. Il est aussi important de déterminer si les connaissances que nous possédons sur les associations ectomycorrhiziennes avec des partenaires fongiques à vie courte sont applicables à des champignons comme *Cantharellus cibarius* qui peuvent rester associés avec leur hôte pendant des décennies.

E. DANELL
Department of Forest Mycology and Pathology
SWEDISH UNIVERSITY OF AGRICULTURAL SCIENCES
Box 7026
S-750 07 UPPSALA (SUÈDE)

Des informations complémentaires peuvent être obtenues sur Internet à l'adresse suivante :
<http://www.mykopat.slu.se/mycorrhiza/kantarellfiler/texter/home.htm>

BIBLIOGRAPHIE

- ARNOLDS (E.). — Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. — *Agric. Ecosystems Environ.*, vol. 35, 1991, pp. 209-244.
- ARNOLDS (E.). — Conservation and management of natural populations of edible fungi. — *Canadian Journal of Botany*, vol. 73 (suppl. 1), 1995, pp. S987-S998.
- CORNER (E.J.H.). — A monograph of cantharelloid fungi. — Oxford : Oxford University Press, 1966. — 255 p.
- DANELL (E.). — *Cantharellus cibarius* : mycorrhiza formation and ecology. — Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, n° 35, 1994a. — 75 p. (available on the worldwideweb).
- DANELL (E.). — Formation and growth of the ectomycorrhiza of *Cantharellus cibarius*. — *Mycorrhiza*, vol. 5, 1994b, pp. 89-97.
- DANELL (E.). — Comparisons between Swedish *Cantharellus cibarius* and *Cantharellus* spp. in the Pacific Northwest, based on differences in RFLP patterns of the ITS region. Abstract. — *Inoculum*, vol. 46, 1995, p. 10.
- DANELL (E.), ALSTRÖM (S.), TERNSTRÖM (A.). — *Pseudomonas fluorescens* in association with fruit bodies of the ectomycorrhizal mushroom *Cantharellus cibarius*. — *Mycol. Res.*, vol. 97, 1993, pp. 1148-1152.
- DANELL (E.), CAMACHO (F.). — Successful cultivation of the golden chanterelle. — *Nature*, n° 385, 1997, p. 303.
- DANELL (E.), CAMACHO (F.), LISTON (A.). — RFLP and sequencing of rDNA ITS of the ectomycorrhizal edible mushroom *Cantharellus cibarius*, *C. pallens*, *C. formosus* and *C. subalbidus* (manuscript).
- DANELL (E.), FRIES (N.). — Methods for isolation of *Cantharellus* species, and the synthesis of ectomycorrhizae with *Picea abies*. — *Mycotaxon*, vol. 38, 1990, pp. 141-148.
- DE VRIES (B.W.L.), JANSEN (E.), VAN DOBBEN (H.F.), KUYPER (T.W.). — Partial restoration of fungal and plant species diversity by removal of litter and humus layers in stands of Scots pine in the Netherlands. — *Biodiversity and Conservation*, vol. 4, 1995, pp. 156-164.
- EGLI (S.), AYER (F.), CHATELAIN (F.). — Der Einfluss des Pilzsammelns auf die Pilzflora. — *Mycologia Helvetica*, vol. 3, 1990, pp. 417-428.

E. DANELL

- FINLAY (R.D.), READ (D.J.). — The structure and function of the vegetative mycelium of ectomycorrhizal plants. I. Translocation of ¹⁴C-labelled carbon between plants interconnected by a common mycelium. — *New Phytologist*, vol. 103, 1986, pp. 143-156.
- FORTIN (J.A.), PICHÉ (Y.), LALONDE (M.). — Technique for the observation of early morphological changes during ectomycorrhiza formation. — *Canadian Journal of Botany*, vol. 58, 1980, pp. 361-365.
- FRIES (N.). — Germination of spores of *Cantharellus cibarius*. — *Mycologia*, vol. 71, 1979, pp. 216-219.
- GARBAYE (J.), DUPONNOIS (R.), WAHL (J.-L.). — The bacteria associated with *Laccaria laccata* ectomycorrhizas or sporocarps : effect on symbiosis establishment on Douglas fir. — *Symbiosis*, vol. 9, 1990, pp. 267-273.
- GIOVANNETTI (G.), ROTH-BEJERANO (N.), ZANINI (E.), KAGAN-ZUR (V.). — Truffles and their cultivation. — *Horticultural reviews*, vol. 16, 1994, pp. 71-107.
- GODBOUT (C.), FORTIN (A.). — Effects of nitrogen fertilization and photoperiod on basidiome formation of *Laccaria bicolor* associated with container-grown jack pine seedlings. — *Canadian Journal of Botany*, vol. 70, 1992, pp. 181-185.
- HACKMAN (W.), MEINANDER (M.). — Diptera feeding as larvae on macrofungi in Finland. — *Ann. Zool. Fennici*, vol. 16, 1979, pp. 50-83.
- HAMMOND (P.M.), LAWRENCE (J.F.). — Mycophagy in Insects : a Summary. In : *Insect-Fungus Interactions* / N. Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond, J.F. Webber Eds. — London : Academic Press, 1989. — pp. 275-324.
- JAHN (H.), JAHN (M.-A.). — Konstanz und Fluktuationen der Pilzvegetation in Norra Warleda (Uppland). Beobachtungen auf einem schwedischen Bauernhof 1945-1980. — *Westfälische Pilzbriefe*, vol. 10-11, 1986, pp. 352-378.
- JANSEN (E.), VAN DOBBEN (H.F.). — Is decline of *Cantharellus cibarius* in the Netherlands due to air pollution ? — *Ambio*, vol. 16, 1987, pp. 211-213.
- JENTSCHKE (G.), GODBOLD (D.L.), HÜTTERMAN (A.). — Culture of mycorrhizal tree seedlings under controlled conditions : effects of nitrogen and aluminium. — *Physiol. Plant.*, vol. 81, 1991, pp. 408-416.
- JUEL (D.). — Cytologische Pilzstudien. I. d. Basidien d. Gattung. *Cantharellus*, *Craterellus* und *Clavaria*. — *Nova Acta R. Soc. Scient. Upsal.*, vol. 4, 1916, pp. 3-34.
- KÄHR (M.), ARVEBY (A.S.). — A method for establishing ectomycorrhiza on conifer seedlings in steady-state conditions of nutrition. — *Physiol. Plant.*, vol. 67, 1986, pp. 333-339.
- MAIRE (R.). — Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes. — *Bulletin de la Société mycologique de France*, suppl. 18, fasc. 2, 1902, pp. 1-209.
- MELIN (E.). — Untersuchungen über die *Larix* Mycorrhiza. I. Synthese der Mycorrhiza in Reinkultur. — *Svensk Bot. Tidskr.*, vol. 15, 1922, pp. 162-196.
- MOLINA (R.), PALMER (J.G.). — Isolation, maintenance, and pure culture manipulation of ectomycorrhizal fungi. In : *Methods and Principles of Mycorrhizal Research* / N.C. Schenck Ed. — Saint-Paul : The American Phytopathological Society, 1982. — pp. 115-129.
- MOORE (L.M.), JANSEN (A.E.), VAN GRIENSVEN (L.J.L.D.). — Pure culture synthesis of ectomycorrhizas with *Cantharellus cibarius*. — *Acta Bot. Neerl.*, vol. 38, 1989, pp. 273-278.
- NORVELL (L.). — Loving the chanterelle to death ? The ten-year Oregon chanterelle project. — *Mcllvainea*, vol. 12, 1995, pp. 6-25.
- O'DELL (T.E.), LUOMA (D.L.), MOLINA (R.J.). — Ectomycorrhizal fungal communities in young, managed and old-growth douglas-fir stands. — *Northwest Environ. J.*, vol. 8, 1992, pp. 166-168.
- ORIA DE RUEDA (J.A.). — Silviculture and management of edible mycorrhizal fungi. — *Bol. Soc. Micol. Madrid*, vol. 13, 1989, pp. 175-188 (in Spanish).
- PETERSEN (R.H.). — Aphyllophorales. II : The clavarioid and cantharelloid Basidiomycetes. In : *The Fungi* / G.C. Ainsworth, F.K. Sparrow, A.S. Sussman Eds. — New York and London : Academic Press, 1973. — vol. IV B, pp. 351-368.
- PETERSEN (R.H.). — Interfamilial relationships in the clavarioid and cantharelloid fungi. In : *Evolution in the higher Basidiomycetes* / R.H. Petersen Ed. — Knoxville (USA) : University of Tennessee, 1971. — pp. 345-374.
- PETERSEN (R.H.). — Notes on clavarioid fungi. XIX. Colored illustrations of selected taxa, with comments on *Cantharellus*. — *Nova Hedwigia*, vol. 42, 1985, pp. 151-169.
- RAINEY (P.B.). — Effect of *Pseudomonas putida* on hyphal growth of *Agaricus bisporus*. — *Mycol. Res.*, vol. 95, 1991, pp. 699-704.
- ROCCHIA (J.-M.). — Des truffes en général et de la rabasse en particulier. — Avignon : Édition A. Barthélemy, 1992. — 171 p.
- SCHLOSSER (W.E.), BLATNER (K.A.). — The wild edible mushroom industry of Washington, Oregon and Idaho. — *Journal of Forestry*, vol. 93, 1995, pp. 31-36.
- SMITH (A.H.), MORSE (E.E.). — The Genus *Cantharellus* in the Western United States. — *Mycologia*, vol. 39, 1947, pp. 497-534.
- SMITH (S.E.), READ (D.J.). — *Mycorrhizal symbiosis*. — San Diego - Londres : Academic Press, 1997.
- STRAATSMA (G.), VAN GRIENSVEN (L.J.L.D.), BRUINSMA (J.). — Root influence on *in vitro* growth of hyphae of the mycorrhizal mushroom *Cantharellus cibarius* replaced by carbon dioxide. — *Physiol. Plant.*, vol. 67, 1986, pp. 521-528.
- UNESTAM (T.), SUN (Y.P.), CROMACK (K.), LI (C.Y.), NYLUND (J.E.). — Nutrient and water microloops of ectomycorrhizal systems in relation to associated or hypersymbiotic nitrogen fixation and mineral uptake, new views and hypotheses. — *New Phytologist*, 1996 (submitted).
- WALLANDER (H.). — Regulation of ectomycorrhizal symbiosis in *Pinus sylvestris* L. seedlings. — Uppsala (Sweden) : Swedish University of Agricultural Sciences, 1992 (PhD thesis).

LES PROGRÈS DANS LA MAÎTRISE DE LA CULTURE DE LA CHANTERELLE *CANTHARELLUS CIBARIUS* (Résumé)

La chanterelle, *Cantharellus cibarius*, est un champignon comestible très apprécié dans beaucoup de pays du monde. Un des principaux obstacles au démarrage des travaux de recherche sur la chanterelle est dû au fait que les carpophores sont toujours contaminés par de très nombreux micro-organismes et plus particulièrement par des bactéries appartenant aux *Pseudomonas* fluorescents. Récemment du mycélium a pu être isolé en culture pure. Pour obtenir des mycorrhizes, le mycélium est cultivé en milieu liquide. Une suspension d'hyphes est ensuite apportée à de jeunes semis de Pin sylvestre cultivés en conditions axéniques avec une solution nutritive contenant du glucose. Lorsque les mycorrhizes sont formées, les semis sont transférés en pots de culture non stériles. Ces pots sont placés dans une serre. Après un an, le mycélium extramatriciel des mycorrhizes est suffisamment développé pour donner naissance à des carpophores. La production de carpophores en serre vient juste de débiter. Il est donc trop tôt pour définir un itinéraire technique susceptible d'un développement commercial.

PROGRESS IN CHANTERELLE (*CANTHARELLUS CIBARIUS*) CULTIVATION (Abstract)

The chanterelle — *Cantharellus cibarius* — is a much appreciated edible mushroom found in many countries throughout the world. One of the major obstacles that has delayed laboratory research on this species is that the fruitbodies are always infected with large numbers of micro-organisms, especially fluorescent *Pseudomonas* bacteria. Recently the mycelium was isolated in pure culture. It is cultivated in a liquid medium to obtain mycorrhizae. A hyphal suspension is then added to young *Pinus sylvestris* seedlings cultivated under axenic conditions with a nutrient solution containing glucose. When the mycorrhizae form, the seedlings are transferred to non-sterile pots which are placed in a greenhouse. After one year the external mycelium of the mycorrhizae is large enough to support fruitbody formation. This has only just begun in the greenhouse trials and so it is premature to set out technical recommendations for commercial application.
