

# Les endomycorhizes : importance dans la croissance et le développement des arbres fruitiers.

S. GIANINAZZI, A. TROUVELOT et V. GIANINAZZI-PEARSON\*

LES ENDOMYCORHIZES :  
IMPORTANCE DANS LA CROISSANCE ET  
LE DEVELOPPEMENT DES ARBRES FRUITIERS.

S. GIANINAZZI, A. TROUVELOT et V. GIANINAZZI-PEARSON.

*Fruits*, Sep. 1983, vol. 38, n° 9, p. 659-662.

RESUME - Les endomycorhizes (association symbiotique entre les racines d'une plante et certains champignons du sol) des arbres fruitiers ont été peu étudiées. Les travaux effectués notamment chez les agrumes font ressortir le rôle positif de cette association dans la vie des arbres et soulignent l'intérêt de leur prise en considération pour avantager la production.

Les racines des arbres fruitiers forment généralement des endomycorhizes de type vésiculo-arbusculaire (VA) avec certains champignons du sol (Endogonacées). En effet, en milieu naturel, ces plantes n'ont pas de racines *sensu stricto* mais des endomycorhizes. Cependant, on ne distingue pas facilement leur présence à l'oeil nu. A l'aide du microscope, on observe les hyphes fongiques qui pénètrent dans la racine et qui se développent dans le cortex où le champignon forme des structures typiques, desquelles il tire son nom (VA) à savoir des vésicules (organes vraisemblablement de stockage) et des arbuscules intracellulaires (type d'haustorium permettant des échanges champignons  $\rightleftharpoons$  plante). Cette infection ne concerne pas les tissus méristématiques et vasculaires. Parallèlement à son développement dans la racine, le champignon s'étend en se ramifiant dans le sol (figure 1) ; TISDALL et OADES (1979) ont estimé a plus

d'un mètre la longueur d'hyphes se développant dans le sol autour de chaque centimètre de racine endomycorhizée.

Bien que relativement peu de travaux aient été consacrés aux endomycorhizes des arbres fruitiers, il apparaît néanmoins que dans les cas étudiés (agrumes, avocatier, pommier, pêcher et merisier) la présence de cette association peut augmenter considérablement la croissance de ces arbres (KLEINSCHMIDT et GERDEMANN, 1972 ; MENGE et coll., 1978 ; PLENCHETTE et coll. 1981) (figures 2 et 3). De plus, chez les agrumes, la présence des endomycorhizes semble même être une nécessité physiologique pour un développement satisfaisant de la plante (MENGE et coll., 1978).

On sait maintenant que l'effet bénéfique des endomycorhizes résulte de l'intervention de cette association symbiotique dans plusieurs processus physiologiques des arbres.

\* - INRA - Station d'Amélioration des Plantes - B.V. 1540  
21034 DIJON CEDEX

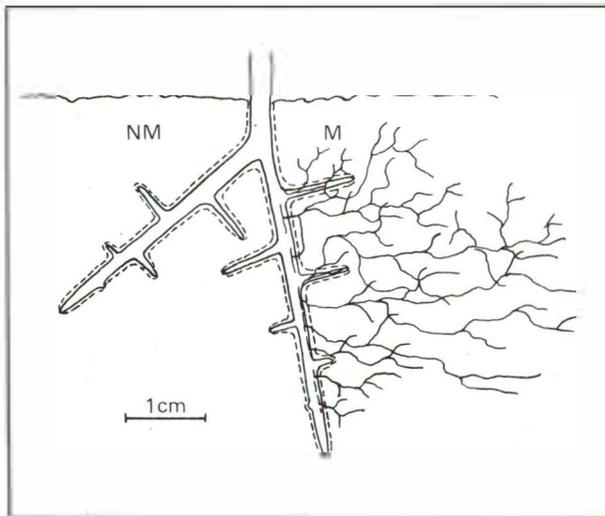


Figure 1. Représentation schématique de l'exploration du sol et de l'exploitation du phosphore par des racines endomycorhizées (M) et non endomycorhizées (NM) (- - -, zones d'épuisement, —, hyphes fongiques).

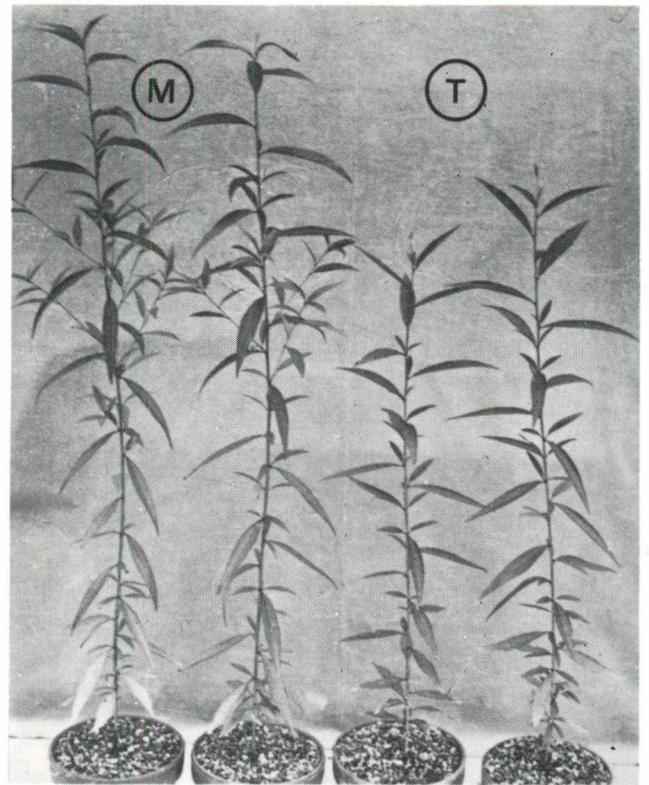


Figure 2. Pêchers (portegreffe GF 305-1) endomycorhizés avec *Glomus fasciculatus* (M) et témoin (T), âgés de 12 semaines, résultant de semis en terre argilo-limoneuse (pH 7,2 ; Olsen P 20 ppm) désinfectée par irradiation  $\gamma$  à 1 Mrad. Une solution nutritive pauvre (NK) est apportée une fois par semaine (expérience réalisée avec M. ARNOUX, INRA, Saint-Marcel-les-Valence).

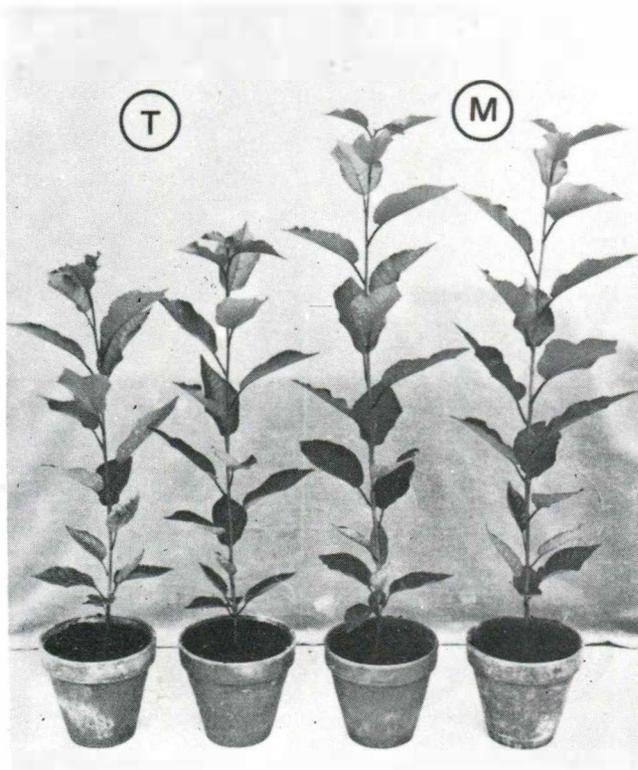


Figure 3. Merisiers (portegreffe F12-1) endomycorhizés avec *Glomus fasciculatus* (M) et témoin (T), âgés de 11 semaines, issus de culture *in vitro* et repiqués dans un mélange de terre (2 volumes) (voir figure 2), de tourbe (1 volume) et de pouzzolane (1 volume). Un engrais complet NPK à libération lente (Osmocote 314) est incorporé à raison de 1,5 g/l de substrat (expérience réalisée en collaboration avec J.C. NAVATEL, CTIFL, Bellegarde).

L'amélioration de la nutrition phosphatée par les endomycorhizes est un phénomène général (voir KLEINSCHMIDT et GERDEMANN, 1972 ; HATTINGH et GERDEMANN, 1975 ; TIMMER et LEYDEN, 1980), mais il devient de plus en plus évident que ces associations symbiotiques peuvent avoir des influences non négligeables aussi sur d'autres aspects de la physiologie des arbres fruitiers. Par exemple, il a été démontré que chez les pêcheurs et certains agrumes des carences en oligoéléments tels que le Zn et le Cu peuvent être éliminées grâce aux endomycorhizes (GILMORE, 1971 ; LAMBERT et coll., 1979 ; TIMMER et LEYDEN, 1980) et que dans le cas des avocatiers, l'absorption de l'eau est améliorée (MENGE et coll., 1978). En outre, nous avons observé que les pêcheurs endomycorhizés (figure 2) présentent un remarquable départ de rameaux axillaires absents chez les témoins et que les merisiers endomycorhizés (figure 3) ne présentent pas d'entre-nœuds raccourcis comme on peut les observer chez les témoins. Ces observations suggèrent que l'endomycorhization doit vraisemblablement modifier la balance hormonale de la plante. En effet, ALLEN et coll. (1980) ont démontré chez *Bouteloua gracilis* que l'endomycorhization augmente considérablement la production de cytokinines par la plante.

Par ailleurs, l'endomycorhization possède l'avantage de rendre la plante symbiote plus résistante à certaines maladies transmises par le sol. Ainsi des agrumes endomycorhizés peuvent être relativement plus résistants au *Phytophthora parasitica* (DAVIS et MENGE, 1981).

L'amélioration de l'absorption de l'eau et des éléments minéraux du sol observée après endomycorhization doit s'expliquer par une efficacité accrue du système racinaire qui peut mieux explorer le sol et exploiter ainsi les sources d'éléments nutritifs éloignées des racines grâce à la présence du champignon endomycorhizien (figure 1). Dans le cas du phosphore, il a été démontré que les hyphes fongiques absorbent cet élément des réserves mobiles du sol (GIANINAZZI-PEARSON et coll., 1980). bien au-delà de la zone d'épuisement des racines, au moins jusqu'à 8 cm (RHODES et GERDEMANN, 1975) et ensuite le transportent vers la plante-hôte par des mécanismes actifs (voir GIANINAZZI-PEARSON et GIANINAZZI, 1981). Ensuite, le phosphore accumulé dans les hyphes du champignon est transféré aux cellules corticales des racines à travers l'arbuscule, vraisemblablement aussi par des processus actifs (MARX et coll., 1982). Récemment, nous avons identifié dans les racines endomycorhizées des activités enzymatiques particulières (phosphatases alcalines et ATPases) qui pourraient servir de marqueurs biochimiques du fonctionnement de ces processus (GIANINAZZI-PEARSON, 1982).

Certaines pratiques culturales telles qu'une fertilisation élevée et l'application systématique des biocides, en particulier de fongicides, sont néfastes d'une part, au fonctionnement des processus d'absorption du phosphore par les endomycorhizes (ASIMI et coll., 1980 ; BAILEY et SAFIR, 1978) et, d'autre part, au développement de l'infection

dans les racines (MENGE et coll., 1979). De plus, en pépinière et dans les vergers, on est souvent amené pour des raisons phytosanitaires à recourir à des méthodes qui diminuent considérablement ou éliminent les champignons endomycorhizogènes, à savoir la production de plants sur substrat et la désinfection du sol. Par exemple, les champignons endomycorhizogènes VA sont respectivement deux fois et quatre fois plus sensibles aux fumigations du sol par le bromure de méthyl que l'agent du dépérissement des agrumes, *Phytophthora parasitica* et le *Verticillium* (MENGE et coll., 1978). L'introduction récente de l'utilisation de plants obtenus par multiplication végétative *in vitro* assure l'élimination complète des endomycorhizes de la vie des jeunes plantes.

Compte-tenu des effets bénéfiques possibles des endomycorhizes, il convient donc de rechercher les conditions permettant leur réintroduction dans la production des plants et en particulier de ceux d'arbres fruitiers, dont certaines espèces (agrumes) s'avèrent être très dépendantes de l'endomycorhization (MENGE et coll., 1978). Toutefois, comme on ne sait pas encore multiplier, en l'absence de la plante, les champignons endomycorhizogènes VA, il se pose le problème de la production d'inoculum en grande quantité et exempt d'agents pathogènes. Néanmoins, il est déjà possible comme nous l'avons indiqué précédemment (GIANINAZZI et coll., 1981 ; GIANINAZZI-PEARSON, 1982) d'envisager certaines méthodes de production d'inoculum et d'inoculation du sol ou des substrats par des champignons endomycorhizogènes. En particulier pour les plantes issues de multiplication végétative *in vitro* (figure 3), la mise au point de techniques permettant l'endomycorhization directement *in vitro* conduirait à un repiquage plus aisé exempt de manipulations d'inoculation.

Cependant, il est important de souligner que le succès d'une endomycorhization contrôlée dépend de plusieurs facteurs ; en particulier du niveau de fertilité du sol, du degré de dépendance endomycorhizienne de l'arbre fruitier impliqué, de la population des champignons endomycorhizogènes présente dans le sol du verger et surtout de la capacité qu'a l'inoculum introduit de se maintenir dans les racines et d'améliorer la croissance de la plante-hôte.

En ce qui concerne ce dernier aspect, des travaux récents ont montré que le degré des effets bénéfiques des associations endomycorhiziennes dépend non seulement de l'espèce de champignons ou de plantes-hôtes impliquée, mais aussi du cultivar et de la souche fongique utilisée (BERTHEAU et coll., 1980 ; DAVIS et MENGE, 1981). La prise en compte de cette variabilité génétique devrait rendre l'endomycorhization encore plus intéressante.

L'ensemble de ces observations font ressortir que l'utilisation des endomycorhizes devrait avantager la production d'arbres fruitiers. L'intérêt d'une telle pratique a d'ailleurs déjà trouvé des applications aux USA pour la production d'agrumes dans certaines pépinières.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (M.F.), MOORE (T.S.) et CHRISTENSEN (M.). 1980.  
Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. I.- Cytokinin increases in the host plant.  
*Can. J. Bot.*, 58, 371-374.
- ASIMI (S.), GIANINAZZI-PEARSON (V.) et GIANINAZZI (S.). 1980.  
Influence of increasing soil phosphorus levels on interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* in soybeans.  
*Can. J. Bot.*, 58, 2200-2205.
- BAILEY (J.E.) et SAFIR (G.R.). 1978.  
Effect of benomyl on soybean endomycorrhizae.  
*Phytopathology*, 68, 1810-1812.
- BERTHEAU (Y.), GIANINAZZI-PEARSON (V.) et GIANINAZZI (S.). 1980.  
Développement et expression de l'association endomycorhizienne chez le blé. I.- Mise en évidence d'un effet variétal.  
*Ann. Amélior. Plantes*, 30, 67-78.
- DAVIS (R.M.) et MENGE (J.A.). 1981.  
*Phytophthora parasitica* inoculation and intensity of vesicular-arbuscular mycorrhizae in Citrus.  
*New Phytol.*, 87, 705-715.
- GIANINAZZI (S.), TROUVELOT (A.) et GIANINAZZI-PEARSON (V.). 1981.  
L'endomycorhization contrôlée, une technique à développer en pépinière fruitière ou d'ornement.  
*C.R. Groupe d'Etudes des Racines*, 8, 38-41.
- GIANINAZZI-PEARSON (V.). 1982.  
Physiologie des endomycorhizes et perspectives offertes par leur utilisation.  
*C.R. Acad. Agric. de France*, 68, 380-389.
- GIANINAZZI-PEARSON (V.) et GIANINAZZI (S.). 1981.  
Role of endomycorrhizal fungi in phosphorus cycling in the ecosystem.  
in : WICKLOW (D.T.) et CARROL (A.C.) : *The fungal community, its organisation and role ecosystem*, Marcel Dekker Inc., New York, 1981, chap. 33, 637-652.
- GIANINAZZI-PEARSON (V.), FARDEAU (J.C.), ASIMI (S.) et GIANINAZZI (S.). 1981.  
Source of additional phosphorus absorbed from soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal soybeans.  
*Physiol. Vég.*, 19, 33-43.
- GILMORE (A.E.). 1971.  
The influence of endotrophic mycorrhizae on the growth of peach seedlings.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 96, 35-37.
- HATTINGH (M.J.) et GERDEMANN (J.W.). 1975.  
Inoculation of brasilan sour orange seed with an endomycorrhizal fungus.  
*Phytopathology*, 65, 1013-1016.
- KLEINSCHMIDT (G.D.) et GERDEMANN (J.W.). 1972.  
Stunting of Citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae.  
*Phytopathology*, 62, 1447-1453.
- LAMBERT (D.H.), STOUFFER (R.F.) et COLE (H.). 1979.  
Stunting of peach seedlings following soil fumigation.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104, 433-435.
- MARX (C.), DEXHEIMER (J.), GIANINAZZI-PEARSON (V.) et GIANINAZZI (S.). 1982.  
Enzymatic studies on the metabolism of vesicular-arbuscular mycorrhizae. IV.- Ultra-cytoenzymological evidence (ATPase) for active transfer processus in the host-arbuscule interface.  
*New Phytol.*, 90, 37-43.
- MENGE (J.A.), JOHNSON (E.L.V.) et MINASSIAN (V.). 1979.  
Effect of heat treatment and three pesticides upon the growth and reproduction of the mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatus*.  
*New Phytol.*, 82, 473-480.
- MENGE (J.A.), JOHNSON (E.L.V.) et PLATT (R.G.). 1978.  
Mycorrhizal dependency of several Citrus cultivars under three nutrient regimes.  
*New Phytol.*, 81, 553-559.
- MENGE (J.A.), DAVIS (R.M.), JOHNSON (E.L.V.) et ZENTMYER (G.A.). 1975.  
Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado.  
*Calif. Agric.*, April 1978, 6-7.
- MENGE (J.A.), LABANAUSKAS (C.K.), JOHNSON (E.L.V.) et PLATT (R.G.). 1978.  
Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilisation in the greenhouse culture of Citrus.  
*Soil. Sci. Soc. Amer. J.*, 42, 926-930.
- MENGE (J.A.), MUNNECKE (D.E.), JOHNSON (E.L.V.) et CARNES (D.W.). 1978.  
Dosage response of the vesicular arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus fasciculatus* and *G. constrictus* to methyl bromide.  
*Phytopathology*, 68, 1368-1372.
- PLENCHETTE (C.), FURLAN (V.) et FORTIN (J.A.). 1981.  
Growth stimulation of apple trees in unsterilised soil under field conditions with VA mycorrhiza inoculation.  
*Can. J. Bot.*, 59, 2003-2008.
- RHODES (L.H.) et GERDEMANN (J.W.). 1975.  
Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions.  
*New Phytol.*, 75, 555-561.
- TIMMER (L.W.) et LEYDEN (R.F.). 1980.  
The relationship of mycorrhizal infection to phosphorus-induced copper deficiency in sour orange seedlings.  
*New Phytol.*, 85, 15-23.
- TISDALL (J.M.) et OADES (J.M.). 1979.  
Stabilisation of soil aggregates by the root systems of ryegrass.  
*Aust. J. Soil Res.*, 17, 429-441.

