

## Une pratique culturelle alternative (utilisation de plants mycorhizes)

### Problématique :

- Comment améliorer les rendements en diminuant les engrais ?

### Objectifs :

Notions et contenus	Compétences exigibles
<b>La production végétale : utilisation de la productivité primaire</b>	
Le coût énergétique et les conséquences environnementales posent le problème des pratiques utilisées. Le choix des techniques culturales vise à concilier la nécessaire production et la gestion durable de l'environnement.	Faire preuve d'esprit critique en étudiant la conduite d'une culture quant à son impact sur l'environnement.

**Type d'activité :** documentaire et expérimentale

### Conditions de mise en œuvre :

- Document d'appel (observation de mycorhizes ce qui met en évidence une association étroite entre un champignon et une racine) : formulation du problème et des hypothèses
- Exploitation de documents afin de tester la ou les hypothèse(s)
- Construction d'un schéma fonctionnel montrant les relations entre le champignon et l'hôte
- Formulation d'un bilan sur l'intérêt de favoriser les mycorhizes

### Modalités de travail, capacités pouvant être travaillées :

- Exploiter des résultats expérimentaux et un texte scientifique
- Communiquer par un schéma fonctionnel
- Réaliser une préparation microscopique
- Observer au microscope
- Observer à la loupe binoculaire

### Documents et matériel à disposition :

- Documents
- Racines de Fabacées (pois, haricot, genêt ...) qui permettent de montrer aussi des nodosités
- Toute plante, excepté une Brassicacée ou une Chénopodiacée
- Humus épais sous les pins ou des hêtres afin de récupérer des mycorhizes

### Communication des résultats :

- Le bilan met en évidence l'amélioration de l'approvisionnement du végétal en nutriments (N, P) et en H<sub>2</sub>O grâce à l'association avec le champignon.

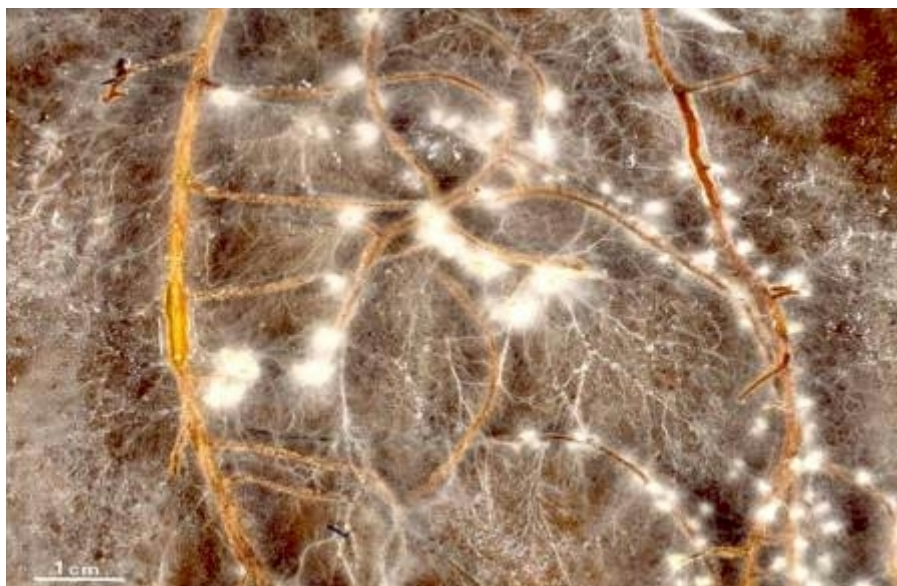
### Compétences pouvant être travaillées et / ou évaluées :

- Capacités pratiques
  - Observer le réel
  - Réaliser une préparation en vue de l'observation
- Capacités de communication
  - Traduire des informations par un schéma
- Attitudes
  - Développer son esprit critique
  - Sensibilisation à la santé, au développement durable, etc.

## Document d'appel

---

Les mycorhizes apparaissent en clair du fait de la forte densité des hyphes fongiques à leur proximité. Elles se prolongent par un réseau fongique extramatriciel qui recouvre la quasi totalité du sol (en sombre).



Mycorhizes et réseau extramatriciel de *Rhizopogon roseolus* développé sur le système racinaire d'un jeune pin maritime (*Pinus pinaster*). (INRA)

## Document 1 : Effet de différents champignons mycorhizogènes sur la croissance de la vigne. (INRA)

---

Ces champignons appartiennent aussi bien aux Basidiomycètes qu'aux Ascomycètes et Gloméromycètes et ils forment des symbioses mycorhiziennes avec les racines d'environ 95 % des plantes terrestres. Parmi les mycorhizes, celles à arbuscules constituent la symbiose végétale la plus répandue dans la nature, du fait de leur ubiquité et du nombre élevé d'espèces végétales concernées (environ 80 % des plantes supérieures peuvent former ce type de symbioses). A ce jour on dénombre environ 120 espèces de champignons capables de former ce type de mycorhizes; ils appartiennent tous aux Gloméromycètes et ne peuvent être cultivés seuls (en l'absence de la plante hôte). Leur cycle biologique dans le sol repose entièrement sur la présence de racines vivantes de la plante hôte.

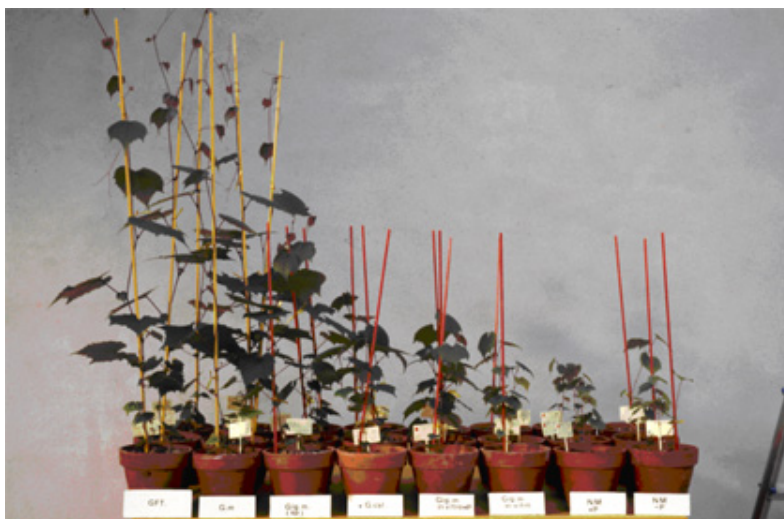
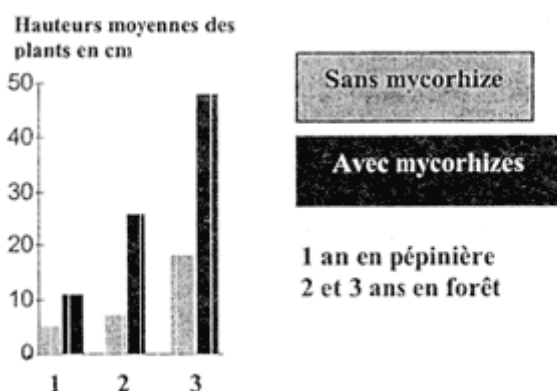


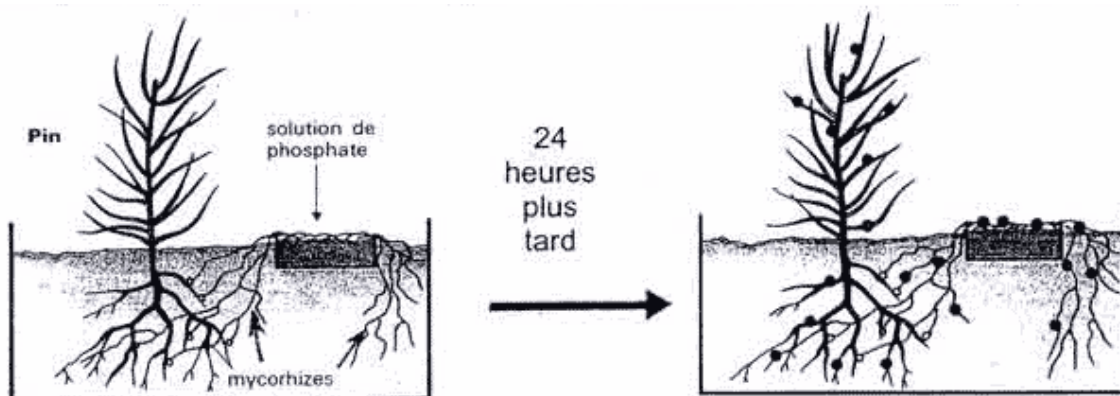
Photo inra, S Gianinazzi

## Document 2 : Résultat expérimentaux (BAC ES 2003 Antilles)

De jeunes plants de frênes sont inoculés avec une souche très efficace de champignon mycorhizien, puis transplantés ultérieurement en forêt. Parallèlement, des plants non inoculés sont cultivés dans des conditions identiques.



Un plant de pin et du mycélium de bolet (champignon) sont cultivés au voisinage l'un de l'autre mais sur deux milieux séparés. On ajoute au milieu de culture du champignon une solution de phosphate dans laquelle l'élément phosphore (P) est radioactif et permet de suivre à la "trace" ce sel minéral. Après 24 heures, la radioactivité est détectée dans les zones repérées par les points noirs



## Document 3 : Des données sur les échanges entre les deux espèces (INRA Nancy)

---

Les champignons mycorhiziens sont tous hétérotrophes pour le carbone et la plupart le sont pour les vitamines telles que la thiamine et la biotine. Pour la grande majorité de ces champignons, la source essentielle de carbone est fournie par la plante-hôte sous forme de saccharose, glucose et fructose, mais certaines espèces utilisent des protéines et des complexes polymérisés, comme la cellulose, la lignine. Quand le champignon n'est pas associé à la plante-hôte, sa capacité à dégrader les composés macromoléculaires, comme la lignine, est limitée.

Les plantes sont limitées dans leur croissance par leur incapacité à optimiser le prélèvement par les racines des éléments minéraux du sol, comme le phosphore et l'azote.

Les ectomycorhizes stimulent généralement la croissance et le développement de la plante-hôte, en particulier dans les sols forestiers où la disponibilité en éléments minéraux est faible (1-10  $\mu\text{M}$ ). Cette stimulation de la croissance se traduit, en particulier, par l'augmentation des teneurs en phosphore et en azote des arbres mycorhizés. Or, il est connu que dans les sols forestiers, l'azote et le phosphore sont les deux principaux facteurs limitant la croissance des arbres.

La surface d'absorption par les racines de tous ces éléments est très fortement augmentée par la présence du mycélium tout autour des racines. Les hyphes mycéliennes peuvent s'étendre assez loin du système racinaire. Des expériences réalisées avec du phosphore radioactif  $^{32}\text{P}$ , ont démontré que les hyphes mycéliennes absorbent le phosphore à plus de 7 cm de la racine, dans le cas des endomycorhizes, et à 10 cm, ou plus, dans le cas des ectomycorhizes.

Cependant, si la symbiose mycorhizienne est caractérisée par un flux d'éléments minéraux dans le sens champignon-arbre, il ne faut pas oublier qu'elle est définie également par un flux de photosynthétats dans le sens arbre-champignon. En effet, l'approvisionnement par la plante-hôte de composés carbonés au champignon constitue la seconde caractéristique des relations nutritionnelles de l'ectomycorhize.

Les champignons ectomycorhiziens jouent également un rôle important dans l'absorption, le transfert ou l'immobilisation d'autres éléments minéraux du sol, comme le cuivre, le fer, le zinc et le potassium. Des métaux lourds, parfois présents en excès dans certains sols acides (aluminium, cadmium, zinc), sont absorbés et accumulés par les cordons mycéliens qui les piègent. Cette faculté fait de ces champignons de bons détoxificateurs des sols.

Au cours de ces dernières années, les connaissances sur la physiologie de la symbiose ectomycorhizienne se sont multipliées et ont permis de mieux comprendre les mécanismes d'absorption, d'accumulation et de transport du phosphate, de l'azote et des glucides dans ces associations. D'après ces dernières observations, il apparaît que le développement et le fonctionnement de la symbiose ectomycorhizienne sont sous le contrôle métabolique et génétique des deux partenaires.

## Document annexe : protocole de coloration des endomycorhizes (d'après APBG trimestre 4 ; (2010))

---

### Principe :

- Décolorer toutes les cellules en conservant leurs parois
- Colorer les parois des cellules de champignon (Eumycètes du groupe des Gloméromycètes) grâce à un colorant de la callose

### Matériel :

- Toute plante à l'exception des Brassicacées ou des Chénopodiacées
- exemples : Fabacées, Paturin, Plantain, racine drageonnante de Merisier
- extraire une motte et dégager les racines sous l'eau
- solution d'hydroxyde de potassium à 10%

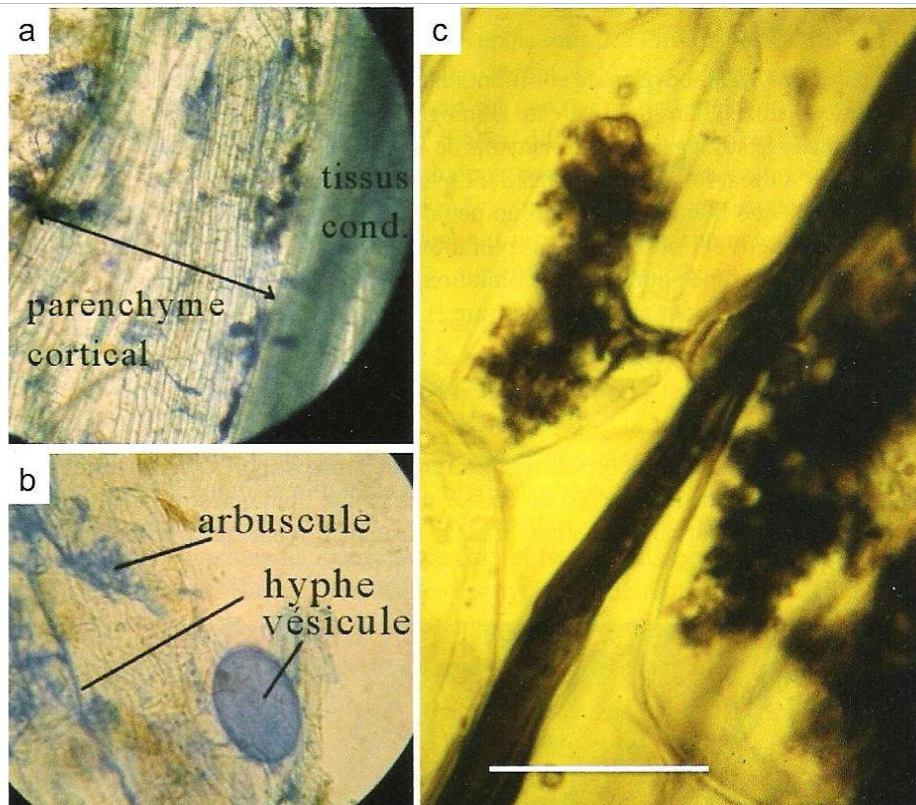
- tubes à essai dans un portoir et bain-marie à 90°C
- bleu coton : bleu de méthyle (Color Index 42780) 1% et acide acétique 3%
- tamis
- eau distillée
- eau distillée + solution d'acide chlorhydrique très diluée = eau acidifiée

### Protocole :

- laver les racines et prendre les plus jeunes qui seront coupées sur une longueur de 1 à 2 cm
- mettre les fragments dans un tube à essai avec la potasse à 10% et chauffer au bain-marie à 90°C durant 30 minutes jusqu'à ce que la solution devienne brun –rouge (décoloration des tanins des cellules ligneuses)
- jeter la potasse et filtrer dans un tamis puis rincer avec l'eau acidifiée pour neutraliser
- mettre dans un tube au bain-marie avec du bleu coton durant 10 à 15 minutes
- filtrer dans un tamis et rincer à l'eau distillée
- monter dans l'eau
- écraser avec le dos d'un crayon si la préparation est trop épaisse

### Résultats :

- On distingue des arbuscules colorés en bleu à l'intérieur de certaines cellules racinaires
- On peut observer aussi des vésicules entre les cellules avec une gouttelette lipidique qui est une structure de réserve pour le champignon
- On peut voir des hyphes externes non cloisonnées



#### 1. Résultat standard de la coloration d'endomycorhizes

a) vue d'ensemble ; b) détail avec arbuscules et vésicule ; c) très bonne vue de détail d'un arbuscule dans une cellule végétale, la barre mesurant 50 µm (cliché c : J. Dexheimer)

## Documents annexes

---

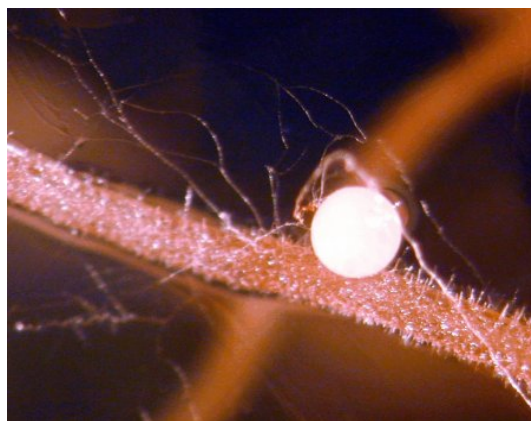
D'après le site agriculture et agroalimentaire du Canada [www4.agr.gc.ca](http://www4.agr.gc.ca)

Les champignons à mycorhizes établissent des relations symbiotiques avec près de 80 % des plantes parmi lesquelles on retrouve les plantes cultivées telles que céréales, légumineuses, fruits, légumes et autres produits horticoles.

Photographie de champ de poireaux mycorhizés :



Début de colonisation :



Les hyphes une fois en contact avec de jeunes racines pénètrent l'épiderme se propagent dans la racine et y différencient, selon les espèces, des vésicules et des arbuscules créant ainsi un réseau souterrain au travers duquel s'effectue un échange bi-directionnel de nutriments entre les deux partenaires.

Hyphe de CMA pénétrant une racine :

