



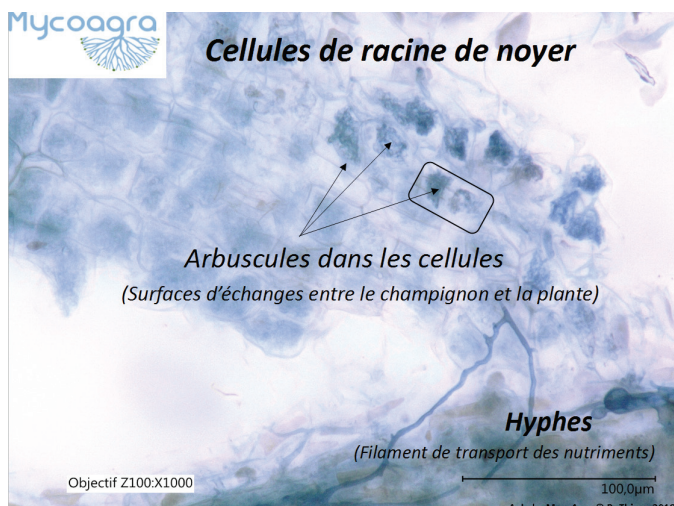
## LES MYCORHIZES

# DES ALLIÉES DANS L'ALIMENTATION ET LA PROTECTION DES PLANTES

**Il est rare de trouver dans la nature une plante non mycorhizée, y compris parmi les plantes de culture. Mais qu'est-ce que la mycorhization ?**

La mycorhization est l'association mutualiste entre le système racinaire d'une plante et un champignon (pénétration du mycélium fongique dans les racines). Quel intérêt pour la plante ? La forme filamenteuse du mycélium du champignon, dix fois plus fine que les plus petites racines, est particulièrement adaptée à l'exploration de grands volumes de substrats. Les mycorhizes permettent l'exploration d'un volume mille fois plus important que les racines (Fig.1). La plante économise donc énormément d'énergie pour capter de l'eau et des éléments minéraux en s'associant aux champignons. En retour, celle-ci fournit au champignon des produits carbonés (glucose, fructose), provenant de la photosynthèse (les champignons n'ont pas d'activité photosynthétique), essentiels à son développement.

Nous nous intéresserons ici à la catégorie des endomycorhizes (champignons pénétrant dans les cellules racinaires), qui est observée sur environ 80 % des familles de plantes vasculaires. Et plus particulièrement à la forme la plus répandue d'endomycorhize qui est le mycorhize à arbuscules (CMA). Cette famille de mycorhizes concerne la plupart des plantes agricoles, en allant des plantes aromatiques aux arbres fruitiers en passant par les céréales et les légumineuses. Seules les familles des brassicacées (colza, navette, chou...) et des chénopodiacées (betteraves, épinards...) ne sont pas mycorhizées. Les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont des symbiotes obligatoires, qui ont besoin de s'associer aux racines des plantes pour se développer. Ils existent dans le sol sous forme de spores et/ ou d'un réseau de filaments mycéliens très fins.



Mycorhizes à arbuscules sur une racine de noyer

## Les services rendus aux plantes par les champignons mycorhiziens à arbuscules

### La biofertilisation

Les mycorhizes à arbuscules (CMA) sont impliqués dans l'amélioration de la nutrition des plantes en éléments minéraux du sol (N, P, K, oligoéléments...). En effet, les CMA extraient plus efficacement que la plante, et sur un volume de sol beaucoup plus important, les nutriments du sol. Les plantes endomycorhizées ont une croissance et une vigueur plus importantes et sont par conséquent plus résistantes aux

agressions biotiques et abiotiques de leur environnement, que les plantes non endomycorhizées. La nutrition azotée des plantes est améliorée par la mycorhization du fait de l'exploration d'un grand volume de sol et du transfert de formes d'azote organique (acides aminés) difficilement utilisables par les racines seules. L'apport en oligo-éléments (Cu, Zn, Mn) est également facilité et renforce les dispositifs de défense de la plante tout en concourant à ses qualités nutritives.

Le nutriment majeur, dont la fourniture est assurée exclusivement par la symbiose mycorhizienne en association avec des bactéries, est le phosphore. Cet élément clef de la constitution et du fonctionnement des êtres vivants est indispensable à la vie cellulaire. Sa consommation mondiale qui pourrait dépasser les ressources disponibles avant une cinquantaine d'années, fait du phosphore une ressource stratégique au même titre que le pétrole. Très peu mobile dans les sols, le phosphore est rapidement rétrogradé et difficilement disponible pour les plantes. Les orthophosphates (seule forme minérale assimilable par les plantes) sont présents à très faible concentration dans la solution du sol et sont parmi les principaux facteurs qui limitent la distribution et la croissance des plantes. Seules les endomycorhizes en association avec des bactéries ont les moyens d'extraire le phosphore et de le conduire jusqu'aux racines de la plante. S'il n'y avait pas ce réseau mycorhizien, le seul système racinaire de la plante aurait rapidement épuisé sa zone d'approvisionnement en phosphore (1 à 2 mm autour des poils absorbants). Le maïs, les céréales, le



pommier, le noyer, la vigne et en fait la plupart des cultures (sauf les brassicacées (colza, chou) et les chénopodiacées (betterave, épinard)) sont dépendants des réseaux mycorhiziens pour leur alimentation lorsque celle-ci ne provient pas d'apports exogènes sous forme d'engrais. Deux groupes de plantes sont fortement dépendants de la mycorhization : les légumineuses (pois, féverole, luzerne, trèfle, haricots...) et les alliacées (poireaux, ails...).

## La protection contre les stress hydrique

L'eau est le premier facteur limitant pour la croissance des plantes dans les agroécosystèmes continentaux et ce facteur de production va devenir de plus en plus contraignant du fait du changement climatique. Là encore les champignons endomycorhiziens sont essentiels à la plante car ils jouent un rôle majeur dans la prospection et l'extraction de l'eau du sol à destination des racines. En effet une racine mycorhizée explore un volume de sol beaucoup plus grand qu'une racine seule et les filaments fongiques ont un diamètre beaucoup plus faible que les racines leur permettant de pénétrer dans la microporosité du sol et d'y trouver l'eau qui y persiste lors de périodes sèches. A ce niveau, la force de succion des champignons est très supérieure à celle des racines pour prélever l'eau. Par ailleurs, des chercheurs ont montré que les plants en symbiose mycorhizienne adaptent mieux et plus rapidement leur fonctionnement en situation de sécheresse et consomment donc moins d'eau (réduction du taux de transpiration).

## La protection contre les organismes pathogènes

Les mycorhizes sont des agents de lutte biologique qui permettent à un grand nombre de plantes de se protéger contre les agents pathogènes principalement racinaires. La réduction des symptômes de maladies a été décrite pour plusieurs pathogènes et nématodes. Pour agir, les mycorhizes doivent être installées dans le système racinaire de la plante avant l'attaque car elles ne sont pas capables de prendre le dessus sur un champignon pathogène déjà installé.

## La biostabilisation des sols

Les CMA forment un important réseau de filaments mycéliens pouvant atteindre 30 mètres par gramme de sol. Ce réseau apporte une contribution importante à la structure et aux propriétés physiques des sols qui est très favorable aux cultures. En effet, les filaments mycéliens lient ensemble les particules minérales et organiques pour former des micro-agrégats stables entre lesquels s'établit une porosité permettant la rétention de l'eau et la circulation des gaz qui sont indispensables au fonctionnement des racines (Garbaye 2015). Cette action est renforcée par la sécrétion de la glomaline, agissant comme une « colle » qui assure la stabilité des agrégats. Les chercheurs considèrent que la glomaline peut représenter jusqu'à 1/3 du carbone des sols, ce qui fait des champignons endomycorhiziens à arbuscules des acteurs essentiels de stockage du carbone dans les sols.

## Production végétale de meilleure qualité pour la santé humaine

Plusieurs travaux de recherche montrent que les champignons endomycorhiziens améliorent la qualité des productions agricoles (légumes, fruits, maïs aussi céréales), en lien avec une augmentation des concentrations en antioxydants ou en sucres.

## Les relations bénéfiques entre rhizobactéries et mycorhizes

Les rhizobactéries sont des micro-organismes qui vivent à proximité des racines des plantes. Les plantes alimentent ces populations de bactéries (« exsudats » diffusés par les racines) en échange de leurs effets protecteurs (sécrétion d'antibiotiques contre les pathogènes, captation de fer ou de phosphate facilitée, induction de résistance de la plante...). Les espèces bactériennes majeures représentées dans la rhizosphère des plantes appartiennent aux genres *Azotobacter* (fixateur libre d'azote), *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobia* (fixateur symbiotique d'azote des légumineuses). Il est aujourd'hui reconnu que la présence de ces rhizobactéries est avantageuse pour les champignons endomycorhiziens et que ces deux populations de micro-organismes entretiennent des relations réciproques et bénéfiques qui profitent en dernier lieu à la plante.

## Pratiques agricoles favorables aux mycorhizes

Tout est une question de compromis et il est nécessaire de prendre en compte les services rendus par les réseaux mycorhiziens aux cultures, pour mettre en œuvre des processus qui les favorisent dans les pratiques culturales. Parmi les éléments forts qui sont à développer pour entretenir la symbiose mycorhizienne il y a :

- le non retournement ou pulvérisation du sol (la fissuration pour décompacter est moins dommageable) pour éviter de déstructurer les réseaux mycorhiziens ;
- la fertilisation organique plutôt que minérale permet d'entretenir les communautés bactériennes auxiliaires des mycorhizes tout en évitant que la plante cesse d'alimenter ces champignons, qui sont nécessaires pour transférer azote et phosphore organique ;
- la couverture maximale des sols et notamment la pratique des couverts végétaux en inter-culture qui permettent de maintenir en activité les réseaux mycorhiziens ;
- l'introduction maximale de légumineuses dans les rotations car ces plantes sont mycorhizogènes et assurent également ce service en plus de celui de la fixation d'azote ;
- la limitation des brassicacées dans les rotations ou les intercultures car ces espèces ne sont pas mycorhizées et diminuent la présence des réseaux dans les sols. Pour compenser ces effets négatifs, il faut implanter ces espèces en association avec des légumineuses comme le colza semé avec des lentilles, gesses, fénugrecs ou les mélanges de couverts végétaux avec légumineuses dominantes ;
- l'utilisation de semences issues de variétés anciennes mycorhizées, sélectionnées dans des sols à haut potentiel mycorhizogène et produites en condition de réduction d'intrants.



## Mycoagra

Pour intégrer les symbioses mycorhiziennes dans les réflexions et les pratiques agronomiques favorables aux sols, la Chambre d'agriculture de Dordogne en relation avec un ensemble de partenaires scientifiques a mis en œuvre le projet MYCOAGRA destiné à étudier le statut mycorhizien d'une culture pérenne comme le noyer et d'une culture annuelle comme le maïs. Ainsi, cinq modalités de culture ont été analysées par rapport à leur incidence sur les communautés mycorhiziennes pour évaluer les pratiques favorables à ces communautés :

- Noyers en culture conventionnelle avec intrants chimiques (engrais minéraux, herbicides)
- Noyers en culture biologique avec fertilisation organique seule
- Noyers en culture conventionnelle et biologique avec couverts végétaux dédiés à base de légumineuses implantés en inter-rang après récolte
- Noyers en plantation en association avec maïs en inter-rang
- Maïs avec semence traitées par fongicide de contact à large spectre et semences non traitées

### Techniques d'identification des mycorhizes :

- identification par analyses biomoléculaires ;
- en complément de l'analyse biomoléculaire : identification par coloration pour évaluer les taux de colonisation et l'intensité des échanges. Vous trouverez sur cette vidéo un tutoriel pour observer les mycorhizes sur les racines.

### Les résultats obtenus :

Un nombre important d'endomycorhizes identifiées par séquençage ADN sur les racines de l'ensemble des plantes échantillonnées (noyers, maïs, couverts végétaux). Cela montre la grande richesse et diversité du microbiote de la rhizosphère des cultures étudiées dans l'ensemble des modalités présentes.

### Association noyers-maïs et services rendus par les mycorhizes

Les mesures effectuées permettent d'émettre l'hypothèse de la présence d'un réseau commun mycorhizien entre une culture pérenne (le noyer) et une culture annuelle (le maïs), pour assurer la fourniture de carbone d'une plante à l'autre.

### Impact des modes de conduite sur la mycorhization

- Les noyeraies conduites en conventionnel avec fertilisation minérale et désherbage sur le rang sont moins mycorhizées que celles conduites en bio avec fertilisation organique et désherbage mécanique : plus faible intensité de mycorhization et d'abondance arbusculaire. Ces noyeraies conventionnelles et bio ne bénéficient pas de couverts végétaux.

- En revanche, les noyeraies conduites en conventionnel ou en bio mais avec un couvert végétal dédié à base de féverole (150 kg/ha) pendant 6 mois présentent une intensité de mycorhization deux fois plus élevée que dans les modalités sans couvert de légumineuses ; et une abondance arbusculaire deux (conventionnel) à quatre fois plus élevée (bio). La comparaison des espèces de mycorhizes présentes sur les racines des noyers montre qu'il y a deux fois plus d'espèces présentes lorsqu'il y a un couvert de féverole en conventionnel ou bio que lorsqu'il n'y en a pas. De même, les racines de féveroles présentent deux fois plus d'espèces d'endomycorhizes que les racines de couverts à base de graminées ou de flore spontanée. Cette constatation illustre bien l'importance que peut avoir l'utilisation de légumineuses dans les systèmes de cultures pour favoriser la présence et l'action des mycorhizes.

- Les couverts végétaux à base de légumineuses sont des relais de mycorhization des cultures. Au contraire des noyers, les féveroles sont bien actives pendant l'hiver. Elles maintiennent donc leurs populations endomycorhiziennes en fonctionnement. Celles-ci sont alors actives pour coloniser directement le noyer sans perte de temps, à sa reprise de végétation au printemps, lui permettant ainsi de bénéficier des intérêts de l'association immédiatement.

## Une perte de capacité à former des mycorhizes

Il faut souligner que les cultivars modernes de maïs, blé et autres plantes naturellement mycorhizées, sélectionnés sur les seuls critères de rendement en conditions optimales de fertilisation minérale ont perdu leur capacité à former des mycorhizes, ce qui augmente leur vulnérabilité. Les recherches ont ainsi montré que sur 11 variétés de blé sélectionnées après 1975 une seule était mycorhizée, alors que sur 11 variétés anciennes, 8 étaient colonisées par les mycorhizes (Hetrick et al. 1995).

Plus d'informations sur [les intérêts des mycorhizes pour les plantes dans le dossier complet](#).

Rédigé par

François HIRISSOU,

Chambre d'agriculture de la Dordogne  
[francois.hirissou@dordogne.chambagri.fr](mailto:francois.hirissou@dordogne.chambagri.fr)