

## Les inséparables du sous-sol : coopération plante/champignons symbiotiques pour une vie meilleure

**La coopération entre plantes et champignons est une réalité pour de nombreuses espèces végétales, notamment la plupart des plantes cultivées. Ces symbioses sont d'une importance agronomique certaine, notamment dans le cadre d'une agriculture durable plus économe en intrants chimiques.**



### Introduction/contexte

Depuis l'Ordovicien, c'est-à-dire il y a environ 460 millions d'années, les plantes ont colonisé les terres du globe. Du fait de leur éloignement du milieu aquatique, elles ont développé des stratégies afin d'augmenter leur capacité à prélever du sol les éléments minéraux et l'eau, indispensables à leur survie. Une des stratégies des plus efficaces est l'association avec des micro-organismes. Ainsi, actuellement la presque totalité des plantes terrestres vivent en association symbiotique avec les champignons microscopiques de la famille des Gloméromycètes.

Ces champignons mycorrhizogènes qui sont constitués de seulement 150 espèces environ ont développé cette association intime avec les structures racinaires et, de nos jours, sont des symbiotes obligatoires des racines de 80% des plantes. Ils réalisent tout leur cycle de développement en sous-sol, depuis la germination des spores (structures de dissémination), la formation des appressoria (structures nécessaires pour la pénétration du champignon dans les racines) puis des arbuscules (structures d'échanges entre les deux partenaires) et la génération de nouvelles spores.

Cette symbiose mycorrhizienne à arbuscules constitue une interface de première importance dans les relations entretenues entre les végétaux et le sol. Elle constitue ainsi un modèle de choix pour la compréhension de l'évolution des associations mutualiste et parasite. En raison de sa fréquence, cette interaction contribue au développement et à l'adaptation des plantes aux stress biotiques ou abiotiques. Du fait du développement des activités anthropiques, elle est appelée à jouer un rôle très important dans le développement de systèmes durables de production végétale à faibles intrants et dans les processus de phytostabilisation de sites pollués. Le rôle biofertilisant des mycorhizes est ainsi bien connu aujourd'hui ainsi que son rôle protecteur de la santé des plantes, et des applications au champ existent déjà. Notre laboratoire contribue activement au transfert de connaissances vers des entreprises ou Start-up : en particulier, nous avons mis au point un système de production d'inoculum mycorrhizogène actuellement exploité sous licence par une entreprise française.

### Axes de recherche :

Nous cherchons à comprendre le rôle de ces associations bénéfiques dans le développement et l'adaptation des plantes dans leur environnement. Les principaux modèles biologiques utilisés en recherche cognitive sont :

- partenaire végétal : la luzerne annuelle (*Medicago truncatula*) ou le pois (*Pisum sativum*) pour lesquels le laboratoire dispose de mutants de mycorhization,

- partenaire fongique : *Glomus intraradices* ou *Glomus mosseae* principalement, provenant de la banque internationale des Gloméromycètes (IBG) entretenue au laboratoire.

Les objectifs actuels du laboratoire sont notamment de mieux caractériser le génome symbiotique dans sa globalité, afin d'identifier les gènes végétaux et fongiques essentiels au développement puis au fonctionnement de la symbiose mycorhizienne à arbuscules; et de comprendre les mécanismes moléculaires mis en jeu.

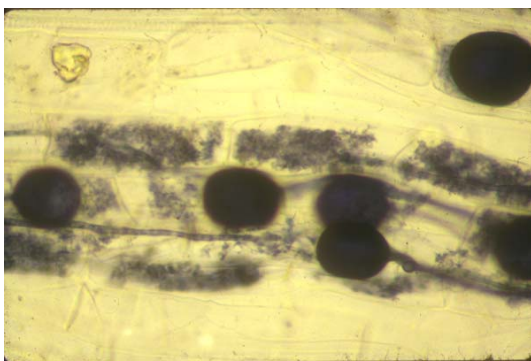
### Protocoles expérimentaux

Après germination des graines, les jeunes plantes sont inoculées avec le ou les champignons mycorrhizogènes provenant de l'IBG (International Bank for the Glomeromycota), puis cultivées en conditions contrôlées. Les systèmes racinaires sont ensuite prélevés dès la formation des appressoria ou le développement des arbuscules pour analyses ultérieures : détermination du stade de développement de la symbiose (coloration spécifique des structures fongiques), extraction des ARN (analyses transcriptomiques par RT-PCR quantitative en temps réel, ou par micro-array), extraction des protéines ou métabolites (analyses par spectrométrie de masse après séparation par électrophorèse ou chromatographie HPLC), fixation pour études cytologiques (analyses ultrastructurales, localisation des produits des gènes par immunocytochimie, hybridation ou RT-PCR *in situ*).

### Résultats principaux

Les travaux de transcriptomique, de protéomique et de cytologie moléculaire menés au laboratoire ont notamment permis de mettre en évidence :

- (1) un rôle central des gènes végétaux dans la communication entre les deux partenaires symbiotiques,
- (2) une expression différentielle de gènes/protéines fongiques et végétaux, impliqués dans les voies de signalisation cellulaire, les mécanismes de défense et la synthèse protéique, lors de la mise en place puis du fonctionnement de la symbiose MA, et suggérant l'activation/l'inhibition spécifique de gènes lors des interactions entre les deux partenaires,
- (3) l'existence d'un dialogue moléculaire très fin entre le champignon mycorrhizogène et les racines, avant même le contact physique des partenaires.



Mycorhize chez le blé



Influence de champignons symbiotiques sur la croissance de la vigne