

CHAPITRE VII

Symbiose mycorhizienne

1. Définition des mycorhizes

Les champignons mycorhizes forment une étroite symbiose avec les racines des plantes. On les appelle mycorhizes du grec "mukés", qui signifie champignon et "rhiza," qui veut dire racine. La mycorhization concerne plus de 90% d'espèces de végétaux, cette association mycorhizienne est une symbiose à bénéfice réciproque entre les deux partenaires, le champignon crée un réseau de filaments dans le sol, transportant l'eau et les nutriments jusqu'aux racines, en échange la plante fournit le carbone organique. Cette alliance champignon-plante a pour effet de stimuler la croissance et de favoriser le développement rapide des racines.

2. Types des symbioses mycorhiziennes

Il y a deux groupes principaux de champignons mycorhiziens qui colonisent le plus grand nombre de plantes :

- les champignons ectomycorhiziens (mycorhizes externe)
- les champignons endomycorhiziens (mycorhizes interne).

2.1. Symbiose endomycorhizienne

C'est l'association symbiotique la plus importante chez les végétaux, majoritairement retrouvée chez des plantes vasculaires dont la plupart sont des angiospermes (plantes à fleurs). Un même champignon peut coloniser de nombreuses espèces végétales, réciproquement, une plante peut être colonisée par plusieurs espèces de champignons MA (parfois en même temps).

Les champignons endomycorhizes sont des organismes coenocytiques (absence de paroi délimitant deux cellules) constitués d'un réseau de cellules polynucléées et hétérocaryotiques (présence de noyaux d'origines différentes). L'une des structures cellulaires caractéristique des champignons est l'hyphe. Il s'agit de filaments microscopiques dont la fonction principale est de permettre au champignon d'étendre son volume d'exploitation du sol.

Selon les caractères des champignons, on distingue les champignons endomycorhizes à vésicules et arbuscules intracellulaires (CMA : champignons mycorhiziens à arbuscules), qui sont les plus courantes, et les endomycorhizes à pelotons des orchidées (forment une grande famille de plantes monocotylédones) et des éricacées (constituent un ordre de plantes dicotylédones gamopétales) (Figure 9).

2.1.1. Cycle de vie d'un champignon endomycorhizien

a) Germination des spores et croissance des hyphes

Les spores plurinucléées germent dans le sol (ou in vitro) et produisent des filaments de 2 à 3 mm de longueur. Les composés carbonés de la spore contribuent à l'édification d'un tube germinatif coenocytique. Si la rencontre du tube germinatif n'a pas lieu avec une racine compatible, la croissance s'arrête et le filament dégénère après avoir produit des propagules.

b) Infection racinaire

La croissance du tube germinatif est stimulée par des facteurs variée (CO₂, exsudats racinaires, etc.) et se développe par ramifications successives qui pénètrent dans la racine. Les filaments se propagent dans l'exoderme racinaire et le parenchyme cortical de la racine, sans jamais atteindre l'endoderme.

c) Colonisation racinaire

Au cours du développement du champignon symbiotique, deux types principaux de structures intra racinaires sont édifiés : les arbuscules et les vésicules, qui sont les structures actives intra-radiculaires du champignon endomycorhizien et des lieux d'échange de nutriments entre le champignon et la plante.

d) Développement des hyphes extra-racinaires ou hyphes externes

La colonisation de la racine s'accompagne d'une prolifération d'hyphes extra racinaires, caractérisées par des structures ramifiées de filament qui sont généralement plus étroites et impliqués dans la nutrition minérale fongique. Ces derniers filaments sont également impliqués dans l'édification d'un grand nombre de propagules.

2.1.2. Infection de la plante hôte

Le champignon répond à la présence des exsudats racinaires de la plante par une augmentation très significative de la croissance des filaments et de leurs ramifications. Les hyphes adhèrent à la racine et différencient un appressorium. Ils participent à la nutrition de la plante : l'eau et les minéraux du sol sont absorbés par les hyphes et transportés vers les racines de la plante via des structures actives intraradiculaires, les arbuscules. Les CMA sont des symbiotes obligatoires biotrophes. C'est à dire qu'ils dépendent entièrement de la plante hôte pour leur nutrition carbonée et leur cycle de développement pendant l'interaction symbiotique.

2.1.3. Arbuscules et les vésicules

- Les arbuscules sont constitués de structures fongiques très ramifiées qui résultent de dichotomies répétées à l'intérieur des cellules du cortex de la racine. , la croissance intracellulaire de l'arbuscule est importante alors que les cellules de la plante-hôte apparaissent hypertrophiées (Figure 9). Les arbuscules jouent un rôle dans le transfert du phosphore et du carbone entre les partenaires. La durée de vie de l'arbuscule est de quelques jours, il se dégenère sans léser la cellule occupée qui peut être à nouveau envahie par un autre arbuscule.
- Les vésicules se développent de manière intra ou intercellulaire dans les couches supérieures de la racine (Figure 9). Les vésicules ont des parois épaisses, de forme variées et sont caractéristiques de l'espèce fongique. Leur contenu est riche en lipides. Elles jouent un rôle dans le stockage de réserves et dans la propagation du champignon.

2.2. Symbiose ectomycorhizienne

La symbiose ectomycorhizienne constitue le deuxième type de symbiose connue chez les plantes supérieures, essentiellement sur les arbres comme le pin, le sapin, le bouleau, l'hêtre, chêne, châtaigner, etc... Cette symbiose est réalisée avec des champignons appartenant aux Ascomycètes et Basidiomycètes. Le champignon ectomycorhize est extracellulaire, il est caractérisé par 3 structures (Fig. 1) :

- un réseau mycélien intercellulaire limité à une ou deux assises cellulaires de la racine, forme le « réseau de Hartig », hyphes qui ont pénétré entre les cellules de l'épiderme et du cortex racinaire sans traverser la paroi
- les hyphes forment également un réseau dense au tour de la racine appelée un « manteau » mycélien, Les échanges symbiotiques entre les partenaires se font au niveau intercellulaire. Le « manteau » joue aussi un rôle protecteur contre des organismes pathogènes.
- un réseau extramatriciel de filaments mycéliens qui explorent le sol pour assurer la nutrition minérale de l'association. Ces filaments mycéliens sont reliés aux fructifications (carpophores) du champignon. Les « relation mycorhize-carpophores » sont mal connues.

2.3. Symbiose ectendomycorhizienne

Les ectendomycorhizes possèdent à la fois des caractères d'ectomycorhizes (la présence du manteau et du réseau intercellulaire (réseau du Hartig), et des caractères d'endomycorhizes (la colonisation des cellules racinaires par les hyphes mycéliennes) (Figure 9).

3. Rôle des mycorhizes dans la nutrition minérale de la plante

3.1. Augmentation du volume de sol exploré

Le rôle principal des mycorhizes est d'assurer une meilleure nutrition minérale de la plante par l'augmentation de volume du sol exploré. Cette amélioration est réalisée par l'intermédiaire des filaments végétatifs extramatriciels qui augmentent considérablement le volume de sol exploité (1000 mètres de mycélium par mètre de racine).

3.2. Amélioration de la nutrition azotée

Les champignons ectomycorhiziens contribuent également à l'amélioration de la nutrition azotée chez la plante-hôte de deux façons :

- Mise à disposition de la plante, par la machinerie enzymatique du champignon, de certaines formes d'azote (acides aminés, peptides et protéines) mal utilisées par la plante seule ;
- Augmentation des quantités d'azote minéral (NO_3^- et NH_4^+) absorbé par le système racinaire.

3.3. Amélioration de la nutrition phosphatée

La plante mycorhizée absorbe plus de phosphates grâce à son aptitude à utiliser des formes organiques ou minérales du phosphore du sol (orthophosphate : H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} et PO_4^{3-}) non assimilable par la plante et à accumuler le phosphore chez le champignon sous une forme mobilisable (polyphosphate), puis le transférer ensuite à la plante.

3.4. Coût en carbone des symbioses mycorhiziennes

Il a été démontré que le champignon utilise entre 4 et 20 % des hexoses (fructose et glucose) produits par la plante. Dans la symbiose endomycorhizienne, les arbuscules sont considérés comme le site des échanges carbonés entre les deux partenaires. C'est au niveau des arbuscules qu'aurait lieu la régulation de l'hydrolyse du saccharose produit par la photosynthèse.

3.5. Autres effets bénéfiques des champignons mycorhiziens

Selon l'espèce du champignon, les pratiques et les conditions de culture, la mycorhization procure des avantages aux végétaux et à l'environnement, tels que :

- en plus la nutrition minérale de la plante, les mycorhizes peuvent intervenir aussi dans la production de régulateurs de croissance (auxines).
- la résistance aux stress environnementaux, par exemple les mycorhizes permettent à la plante d'avoir un meilleur accès aux éléments nutritifs et à l'eau du substrat, ce qui favorise sa croissance et lui permet de mieux résister aux périodes de stress environnementaux comme la sécheresse, la salinité.
- la protection contre les pathogènes : Il semble aussi que les champignons mycorhiziens protègent la plante hôte contre les pathogènes en entraînant une compétition directe avec ces derniers pour les ressources énergétiques et pour les sites d'infection.
- l'amélioration de la croissance et du rendement des végétaux.

4. Facteurs limitant la mycorhization

La germination des spores, la formation et le développement des mycorhizes sont influencées par un ensemble de facteurs notamment le pH, l'aération, l'humidité, la température, la lumière, la salinité et la texture du sol. L'application d'engrais ou de pesticides peut avoir aussi des effets néfastes sur les populations de CMA. Les métaux lourds peuvent réduire et éliminer, dans certains cas, la colonisation par les CMA et la germination des spores de ces champignons au champ.

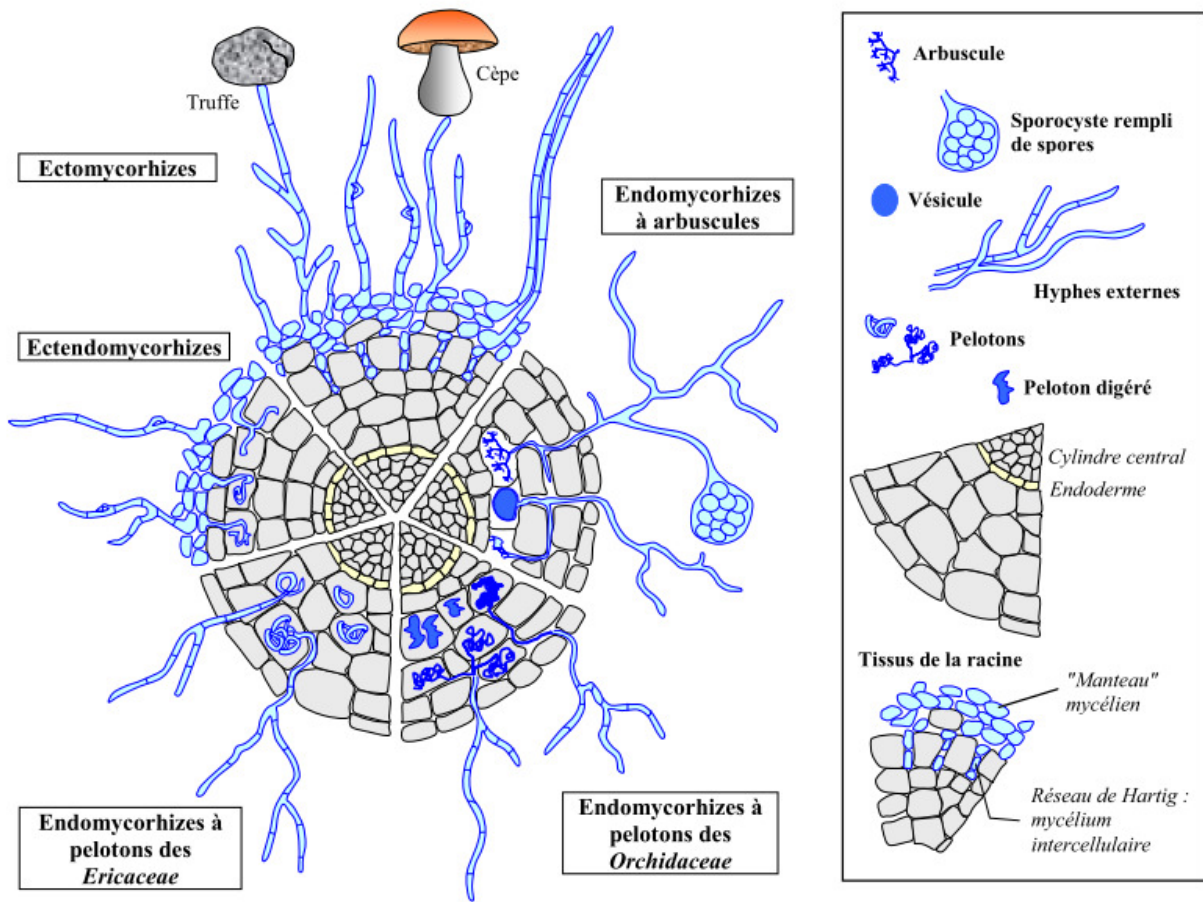


Figure 9 : Principales formes de mycorhizes associées aux racines des plantes.