

SYMBIOSE ET MYCORHIZES

SYMBIOSE, association de deux ou plusieurs organismes différents, qui leur permet de vivre **avec des avantages pour chacun**. Exemple : un **lichen** est la symbiose d'une **algue** et d'un **champignon**. La principale algue verte des lichens fait partie de la famille des Trébouxiacées. **La symbiose est synonyme de mutualisme**. Citons encore la symbiose, chêne/truffe.

Autres associations = **le parasitisme**, qui est une interaction biologique qui s'installe entre deux ou plusieurs organismes vivants, mais ici, l'un des partenaires vit totalement aux dépens de l'autre. **Le commensalisme**, d'espèces différentes, profitable pour l'un deux et sans danger pour l'autre, (cas de certaines bactéries de notre flore intestinale). En somme c'est l'association d'organismes où une espèce en utilise une autre à laquelle cela ne fait « ni chaud ni froid » !

MYCORHIZES, du grec myco = champignon et rhiza = racine.

Les mycorhizes sont le résultat de **l'association symbiotique entre des champignons microscopiques et les racines des plantes**. Elles se nourrissent du sucre offert naturellement par la photosynthèse de la plante hôte. En échange les champignons pénètrent dans les cellules racinaires et développent un réseau de filaments mycéliens dans le sol. Ainsi, le développement mycélien prolonge et densifie le chevelu racinaire.

Cette symbiose, vieille de 450 millions d'années, est à l'origine de la colonisation du milieu terrestre par les plantes. Les champignons mycorhiziens assistent donc les plantes depuis toujours. Invisibles, on ne pensait pas à leur existence. C'est en 1885 qu'un botaniste allemand « Albert Bernhard » attesta de la présence des mycorhizes sur le système racinaire. Mais ce n'est qu'à partir de 1950 que l'on confirma sa découverte (grâce au microscope électronique). Une grande méfiance vit alors le jour, car à cette époque on avait compris que des champignons microscopiques étaient à l'origine de nombreuses maladies cryptogamiques très préjudiciables aux plantes cultivées (mildiou, oïdium, rouille...). C'était dans le même temps le développement prospère de l'industrie des produits fongicides. On ne pensait qu'à détruire ces parasites. Ainsi donc, autour des plantes s'articulent en chaînes complexes, d'innombrables micro-organismes, utiles ou redoutables.

Les cultures hors sol, évoluant par cycle court, sont peu propices à la mycorhization.

Précisons que chez les orchidées la germination des graines n'est possible que grâce aux mycorhizes. Notons aussi par exemple, que les mycorhizes des Ericacées sont spécifiques au genre.

Avec les mycorhizes, les microbes, les bactéries, les levures, tous ces infiniment petits, découverts au 19^{ème}, étaient réputés tous nuisibles ou presque. Aujourd'hui, on sait que beaucoup sont utiles.

Chez les champignons l'appareil végétatif est non différencié ; il s'appelle : **Thalle**, notamment chez les champignons de formes dites supérieures, de grandes tailles, comestibles ou vénéneux. Il est opposé à l'appareil végétatif des Gymnospermes (conifères avec graines à nu) ou des Angiospermes (graines enfermées dans un fruit). Conifères et feuillus ont des racines, des tiges, des feuilles, des fleurs...

Les thalles des champignons se multiplient par fragmentation. Les parties séparées du thalle régénèrent ; il s'agit d'un micro bouturage (reproduction asexuée).

La sporulation est un phénomène qui assure le maintien de l'individu en garantissant sa multiplication (reproduction sexuée). Cette reproduction sexuée avec production de spores est surtout visible chez les champignons dits « supérieurs ». Exemple : spores très remarquables chez les Vesses-de-loup (*Lycoperdon*) ou chez les Coprins chevelus. Ces champignons dits aussi à 'chapeau' sont souvent spécifiques d'une espèce d'arbre de nos forêts. Exemple : le Lactaire délicieux qui affectionne les pins.

Dans le sol sous nos pieds, les champignons ont un appareil végétatif constitué de filaments très petits que l'on appelle **mycélium**, généralement invisible. Chez les champignons dits supérieurs ces filaments deviennent visibles lorsqu'ils sont réunis en cordons suffisamment gros ; on parle du blanc de champignons visible en forêt au pied des épicéas par exemple. Ces filaments fongiques (mycéliums) ont un diamètre de l'ordre du centième de millimètre. Chez les champignons mycorrhiziens (microscopiques) les mycéliums extrêmement petits ont un diamètre de l'ordre du millième de millimètre, soit 4 à 6 microns (un micromètre = un millième de millimètre). On les appelle des **Hyphes** (non masculin). Ils peuvent beaucoup se développer et atteindre plusieurs mètres de long. A titre de comparaison, un hyphe est des dizaines de fois plus fin qu'un cheveu humain.

Cette **relation symbiotique** augmente la zone explorée par les racines (100 à 1000 fois plus). Elle se traduit par la sécrétion d'enzymes, permettant d'améliorer très nettement l'absorption d'éléments nutritifs (N, P, K, et oligoéléments) et la recherche en eau pour la plante. Ces enzymes aident aussi les plantes à mieux résister aux stress environnementaux (salinité, excès de calcaire, attaques par des agents pathogènes, maladies cryptogamiques, nématodes...). Effet protecteur, tout cela de façon naturelle.

Notons quelques effets négatifs mineurs des mycorrhizes ; des plantes mycorrhizées ont un taux de phosphore ou d'azote élevé, cela peut contribuer à amoindrir la résistance des parties aériennes à différentes maladies. On s'interroge aussi sur l'accroissement des maladies à virus chez certaines plantes mycorrhizées (tabac, tomates, fraisiers...) car une nutrition plus abondante de la plante la rendrait plus sensible ? Dans le même temps on pense que l'avantage des mycorrhizes est que l'interaction avec le champignon peut être interrompue ou réduite si la plante possède suffisamment de ressources ?

A noter que les exsudats racinaires jouent un rôle important dans l'apparition et la multiplication des mycorrhizes.

C'est ainsi que les champignons mycorrhiziens créent des barrières physiques et chimiques autour des racines, et même à l'intérieur d'elles, qui peuvent empêcher certains

organismes pathogènes de s'infiltrer avec succès dans la plante hôte. On parle « d'éléments protecteurs » (bio-protecteurs). Exemple : nématodes, bactéries, champignons pathogènes...

Les mycorhizes sont donc favorables à de très nombreuses plantes (85 à 90 % du monde végétal). Elles permettent aux plantes hôtes d'explorer et d'exploiter les ressources de la terre de façon plus puissante que les racines seules. C'est colossal !

Il n'existe que peu d'espèces qui ne forment pas de mycorhizes. Notons : familles des Chenopodiacées (betterave), des Joncacées (jonc), des Cypéracées (carex), des Brassicacées/Crucifères (colza, choux, navet...).

Les mycorhizes régulent les excès de calcium, de manganèse et autres oligoéléments et empêchent ainsi des phénomènes de toxicité. Elles permettent à la plante, dans le même temps, de profiter des capacités d'extraction minérale (exemple : les phosphates), tandis qu'en contrepartie, ces champignons trouvent une source de sucres qu'ils ne peuvent pas synthétiser, n'ayant pas la possibilité de photosynthèse.

On distinguera : les **ectomycorhizes**, (que l'on observe au pied des résineux) et les **endomycorhizes**. On parle alors de **mycorhizes à arbuscules** (M.A.) lorsqu'elles se développent donc à l'intérieur des cellules. Elles sont en forme de petits buissons (d'où le non arbuscules).

Les champignons mycorhiziens sont multicellulaires (champignon filamenteux). Ce sont des **organismes aérobies** ; il leur faut donc de l'oxygène pour vivre.

Proche des champignons, **les levures, par contre, sont des organismes unicellulaires** qui peuvent survivre dans des **conditions anaérobies** (sans oxygène). Pourtant, on comprend bien qu'un sol aéré (où circule l'oxygène) est un sol qui offre aux micro-organismes et aux plantes les meilleures conditions de vie et de croissance.

Quelques précisions et définitions complémentaires

Les plantes dites « fixatrices d'azote » vivent en symbiose avec des bactéries qui leur permettent de puiser cet élément à partir de l'atmosphère. Ces bactéries produisent des nodosités sur les racines des légumineuses, que l'on appelle : **Rhizobium Léguminosarum ou Rhizobia**. On peut alors affirmer que **l'oxygène dans un sol est indispensable**. Sont également indispensables à toute cette vie souterraine, l'eau et une température positive sans excès.

Ainsi, les haricots, les pois et autres légumineuses de nos potagers enrichissent le sol en azote. Il faut donc couper au ras du sol et non arracher ces légumes après récolte.

Les mycorhizes sont une composante majeure de l'**édaphon** qui désigne l'ensemble des organismes vivant dans le sol. Ces êtres vivants qui participent à la biologie et à l'écologie du sol, peuvent être des animaux, des végétaux, des champignons, des bactéries... On appelle l'ensemble des êtres vivants d'un milieu : **la biocénose**.

Eucaryotes : champignons et végétaux pluricellulaires alors que les **Procaryotes** sont des organismes de petite taille généralement unicellulaires. Exemple : les bactéries.

Symbiotes : à l'origine la symbiose désignait les formes de vie en commun, sans en préciser la portée. Actuellement ce terme désigne spécialement les unions harmonieuses basées sur des échanges réciproques entre les partenaires.

Microbiotes : ce sont l'ensemble des micro-organismes vivant dans un écosystème donné. Exemple : le microbiote intestinal ou flore intestinale ; le microbiote des sols avec les bactéries qui sont dominantes. Ce dernier se nourrit à partir de la matière organique (d'où son importance). Bien entendu, dans un sol il y a de nombreuses interactions entre matières organiques, matières minérales, eau (solution), gaz (atmosphère du sol) et tous les organismes vivants. Dans l'atmosphère il y a 78% d'azote gazeux.

MYCORHIZES : erreurs, avenir, perspectives...

Dans la nature il existe des équilibres que l'homme, par une certaine méconnaissance, peut détruire. On peut citer les travaux de débardages forestiers avec de très gros engins, dans de mauvaises conditions climatiques, qui anéantissent pour longtemps la vitalité des sols.

Nous avons aussi fait preuve d'une grande « **inconscience chimique** » en dévastant imprudemment les microbiotes des sols, indispensables à la santé des plantes, en utilisant à l'excès certains fertilisants, fongicides, herbicides et pesticides d'origine chimique, en échouant à ajouter de la matière organique en quantité suffisante (pour nourrir les microbiotes), enfin en travaillant la terre en dépit du bon sens (gros labours).

Les fongicides (le cuivre en particulier) ont une action désastreuse sur les mycorhizes (inhibition voire destruction).

Au 20ème siècle la progression des rendements agricoles a été obtenue grâce à l'amélioration génétique, à l'utilisation importante des engrais chimiques et à l'utilisation des pesticides de synthèse (biocides).

Aujourd'hui ce modèle est remis en cause car il y a épuisement des ressources naturelles (phosphates et autres...). Il faut faire aussi des économies des ressources en eau et enfin tout le monde a pris conscience des dangers des traitements à base de pesticides.

De nouvelles pistes se dessinent avec la culture raisonnée, en favorisant les microorganismes utiles à la vie des sols et en protégeant tous les auxiliaires utiles à nos cultures. Je ne parle pas volontairement de culture **bio** car trop de non-dits s'y cachent. Je préfère agir avec réflexion et ne pas faire n'importe quoi !

Les mycorhizes doivent être au centre de nouvelles techniques de cultures. Elles nous offrent des perspectives très prometteuses pour de nombreuses productions végétales.

On sait avec pertinence que la plupart des végétaux ne peuvent se passer de mycorhizes. Les bienfaits de la mycorhization sont insoupçonnables. Il devient donc urgent

de revoir nos pratiques culturales, notamment en matière de lutte contre les parasites et de fertilisation.

Dans le futur, l'emploi de champignons mycorhiziens (terreaux mycorhizés, mycorhizes hydrosolubles...) va devenir aussi courant que le recours actuel aux fertilisants. Ce recours aux mycorhizes permettra aux plantes d'être mieux alimentées en tout. Les perspectives sont extrêmement prometteuses. Avec les mycorhizes il faudra, bien doser les apports de phosphore, ou les supprimer.

(Notes extraites des publications de Monsieur Daniel WIPF chercheur INRA de Dijon)

5

Octobre 2019

« Les plantes n'ont pas attendu les engrais chimiques et les pesticides pour se développer, coloniser la terre et forger nos magnifiques paysages ».

*Comment cela a-t-il été possible ? Tout simplement parce que les plantes ont su reconnaître et exploiter le savoir-faire d'autres organismes, notamment de certains **micro-organismes du sol** capables de les aider en leur facilitant l'accès à l'eau et aux éléments minéraux du sol qui, avec le CO² et l'azote de l'air, constituent leurs nutriments.*

*C'est ainsi que les plantes, dès le début de leur colonisation du milieu terrestre (environ -450 millions d'années), ont formé **des associations**, notamment avec les champignons du sol.*

*Parmi ces **symbioses**, la plus répandue est celle appelée **mycorhize**, formée par les racines d'une très large majorité des plantes avec des champignons microscopiques du sol (**Gloméromycètes**) et dont le rôle bio fertilisant est maintenant bien établi.*

*Au-delà de cet avantage compétitif, que cette symbiose apporte aux plantes, la formation des mycorhizes est aussi déterminante pour la santé des végétaux ; en effet, la colonisation des racines par les champignons mycorhizogènes **stimule les mécanismes naturels de défense** des plantes vis-à-vis des agents pathogènes, ce qui permet de réduire l'utilisation des pesticides.*

Les champignons mycorhiziens ont alors un rôle de bio protecteur, en particulier vis-à-vis des principaux champignons pathogènes attaquant les systèmes racinaires des plantes cultivées.

LES MYCORHIZES : UN GRAND RÉSEAU AMI ET SECRET.

Environ 90% des plantes bénéficient des avantages végétatifs et sanitaires des mycorhizes. Imaginez qu'elles ont la capacité de **multiplier jusqu'à 1000 fois la prospection**

des racines. Leur rôle dans le développement et la bonne santé des plantes commence juste à être mieux connu. Pour en obtenir les bienfaits il faut revoir nos pratiques culturales et l'utilisation des produits de traitement (fongicides en particulier) et des engrais.

Les mycorhizes ont 4 principaux atouts. Ce sont des bio stabilisants, des bio fertilisants, des bio régulateurs et des bio protecteurs.

Les mycorhizes fournissent à la plante hôte des acides aminés et des oligoéléments, avec **davantage d'eau**, puis elles facilitent l'assimilation des phosphates. Les plantes mycorhizées résistent donc mieux au stress hydrique et aux stress dus aux maladies racinaires, comme le Phytophthora (champignon qui affecte le système racinaire du thuya par exemple) et le Pythium (champignon des milieux humides-agent pathogène causant la pourriture des racines).

Les mycorhizes agissent aussi comme **filtres** dans les sols contaminés par les métaux lourds.

Rappelons que les champignons mycorhizogènes disparaissent en cas de forte fertilisation phosphatée. Il en est de même avec certaines familles de plantes comme les « Brassicacées » (hier appelées Crucifères). C'est pourquoi il n'est plus judicieux de semer de la moutarde pour faire de l'engrais vert.

La France est très en retard dans la production et la vente de produits et de substrats mycorhizés.

Il faut maintenant informer, parler du sujet et tout faire pour que les maraîchers et tous les artisans de la terre évoluent et changent leurs pratiques.



Tomates mycorhizées avec un système racinaire très développé

Jean-Clade MOIRON
Ingénieur. Officier du Mérite Agricole.
Document repris le 2 juin 2025