

MYCORHIZES CONNECTÉS, BIEN AVANT TOUT LE MONDE

Connecté. Tout, dans notre monde actuel, doit être connecté. Pourquoi pas ? Il est un monde où être connecté est vital... ou presque. C'est celui des champignons mycorrhiziens et de leurs hôtes, les végétaux. Sans cette symbiose, la production végétale ne serait pas ce qu'elle est. Une connexion estimée à plusieurs centaines de millions d'années et, sans aucun doute, à pas mal d'euros !

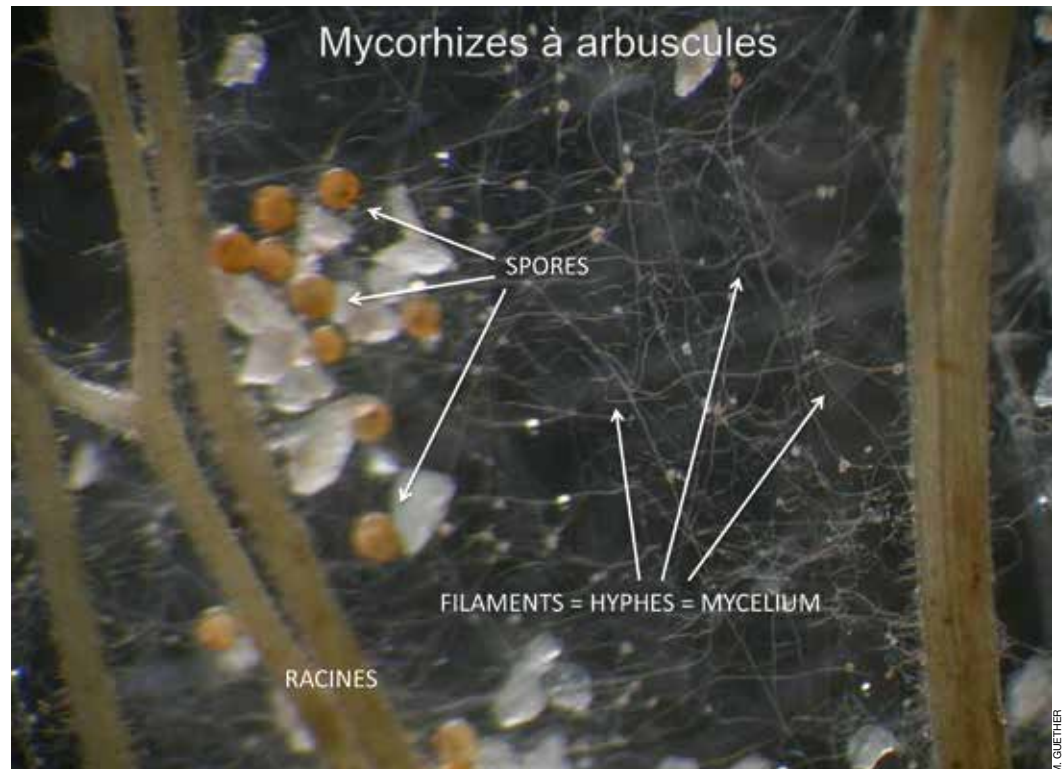
■ Quand, au XIX^e siècle, des chercheurs découvrent les mycorhizes, ils croient avoir affaire à des champignons pathogènes ayant envahi les racines de plantes. Le terme de mycorhizes provient de deux mots grecs : mykes qui veut dire champignon et rhiza, racine. Cette croyance va perdurer un certain temps avant qu'on ne se rende compte qu'au contraire, il s'agit d'une relation à bénéfices réciproques, appelée symbiose. Dans le cas précis, la plante offre à son partenaire les sucres issus de sa photosynthèse et le champignon, en retour, facilite son accession aux éléments nutritifs dont elle a besoin.

Ainsi, sur terre, les organismes vivants sont liés entre eux par différents types de relations positives, négatives ou neutres. La symbiose est un exemple de lien hautement bénéfique entre deux espèces, voire trois espèces alors que, par exemple, les relations proies-prédateurs ou pathogènes-hôtes sont de type +/- (l'un est gagnant, l'autre perdant).

Accéder à la photosynthèse

La symbiose mycorhizienne ne date pas d'hier. À dire d'experts, ce serait même elle, il y a quelque 450 millions d'années, qui aurait permis aux végétaux, alors aquatiques, de coloniser les milieux terrestres. Auparavant, il n'existait qu'une autre forme de symbiose : les lichens, relation mutualiste entre champignon(s) et algues vertes ou cyanobactéries. Dans chacun des cas, il se crée une relation entre un champignon, dépourvu de photosynthèse et un organisme (végétal, algue) capable de photosynthèse.

Il existe beaucoup de mycorhizes (arbusculaires, ectomycorhizes, ectendomycorhizes, arbutoides, éricoïdes, orchidoïdes, sebacinoïdes...) mais



le type qui nous intéresse le plus, ce sont les mycorhizes à arbuscules (arbusculaires) car elles orchestrent la symbiose de plus de 80 % des végétaux terrestres. À ce jour, on connaît 250 espèces de champignons mycorrhiziens à arbuscules pour 200 000 espèces de plantes. Ce qui signifie qu'il n'existe pas forcément de spécificité champignon mycorhizien – plante. À garder en mémoire lorsqu'on songe à mycorhizer des plantes... Seules quelques rares familles végétales n'établissent pas ou peu de symbiose mycorhizienne : principalement les brassicacées ou crucifères (colza, moutarde, choux) et les chénopodiacées (betterave, épinards). Mais aussi quelques autres espèces comme le sarrasin ou le lupin. On dit « peu » car des études affirment la mycorhization de certaines crucifères (étude faite sur le radis *Brassica rapa*) et le sarrasin *Fagopyrum spp.* À noter que si la plupart des

plantes cultivées sont « mycorrhizogènes » (hormis les exceptions tout juste citées), il va sans dire que la grande majorité des adventices aussi !

La plante appelle, le champignon se signale

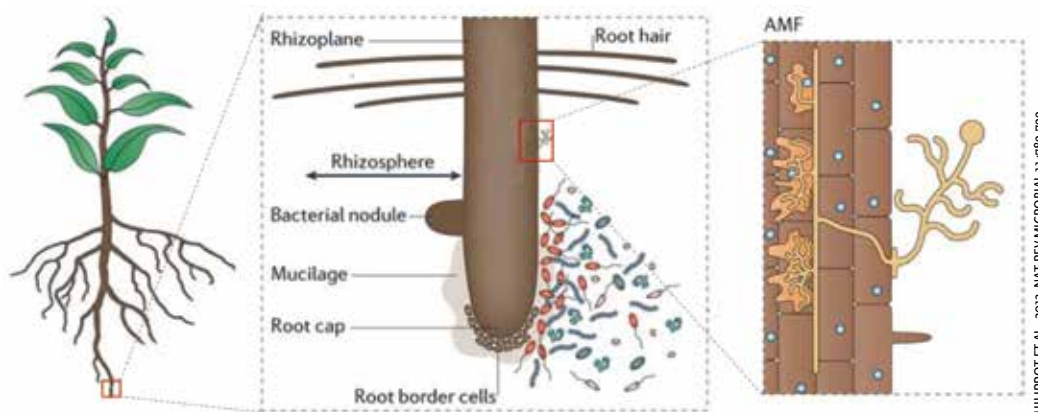
C'est la plante, via sa racine, qui fait le premier pas. Lorsque cette dernière secrète certains signaux moléculaires (famille des strigolactones), ceux-ci sont perçus par les filaments mycéliens du champignon (ou par ses spores), ce qui déclenche chez celui-ci une ramification de son mycélium, augmentant la probabilité de rencontre avec la surface de la racine, puis la libération de saccharides (lipochitoligosaccharides baptisés facteurs MYC chez les mycorhizes à arbuscules). Ces facteurs MYC lui permettent d'être reconnu par la racine « comme un ami ». Dans la rhizosphère, il n'y a pas que des espèces sympathiques. Il y vit également des

organismes pathogènes, parmi lesquels des champignons. Le champignon mycorhizien doit donc aller plus vite à la rencontre de la racine émettrice. En 8 jours, une spore est ca-



Le sarrasin ici au premier plan, est une espèce qui mycorhize très peu. Pour compenser, son système racinaire développe d'autres artifices comme des poils absorbants plus performants, pour assimiler correctement l'eau et les éléments nutritifs.

Représentation schématique d'un apex racinaire mycorhizé par un champignon arbusculaire



Il s'agit, ici, d'une racine de légumineuse puisqu'est aussi représentée la nodulation caractéristique de la symbiose rhizobienne.

AMF : champignon mycorhizien à arbuscules. **Root hair** : poil absorbant. **Root cap** : la coiffe
Root border cells : cellules subérisées de la coiffe.

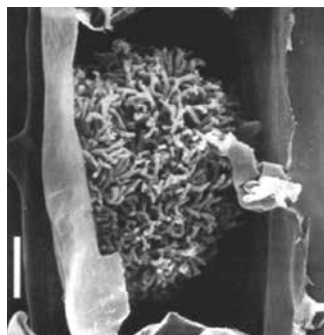
pable de développer son mycélium de manière conséquente. Si, dans ces 8 jours, le mycélium rencontre une racine, la mycorhization est possible. Mais si, ce qui s'assimile à du hasard ne permet pas la rencontre, la spore se referme, attendant de nouveaux signaux. Seulement, cette même spore ne pourra pas se « réveiller » ainsi plus de deux fois. Si vous utilisez des inocula de mycorhizes, attention donc à leur conservation. Sachez, en aparté, que les bactéries du genre rhizobium qui permettent aux légumineuses d'assurer la fixation de l'azote atmosphérique (symbiose âgée, elle, de « seulement » 65 millions d'années), utilisent les mêmes codes génétiques. Seulement, dans leur cas, il ne s'agit pas de facteurs MYC mais de facteurs NOD (comme nodules) qui sont des oligosaccharides. La symbiose mycorhizienne est donc dans

un tout premier temps initiée par la plante et le champignon y répond ; jouant de signaux particuliers pour se faire reconnaître et accepter. Cependant, la plante peut, si elle « juge » que la symbiose n'est pas assez performante, se « libérer » de celle-ci. Tout cela paraît relativement simple mais on est encore loin d'avoir tout découvert et d'autres molécules ont certainement un rôle à jouer dans le processus de mycorhization.

Le Web des sols

Désormais à l'intérieur de la racine hôte, le champignon s'installe en développant ses hyphes microscopiques, lesquels vont circuler entre et dans les cellules corticales de la racine. Quand l'hyphes pénètre à l'intérieur d'une cellule (évidemment sans la tuer), il y développe une drôle de structure à l'apparence d'un arbre avec un tronc et une ramure, appe-

lée arbuscule (d'où le nom de mycorhizes à arbuscules). C'est principalement au niveau de cette structure que les échanges nutritifs entre le champignon et la plante hôte vont se réaliser, les deux partenaires développant une sorte de nouvelle entité biologique, mixte, associant des compositions des deux et



Arbuscule du champignon mycorhizien *Glomus mossae* photographié au microscope électronique à balayage dans une cellule corticale de racine de maïs. La petite barre foncée en bas à gauche donne l'échelle (5 microns).

destinée à faciliter les échanges. La durée de vie d'un arbuscule est relativement brève, de quelques dizaines d'heures. Certaines espèces de champignons mycorhiziens développent aussi des vésicules inter ou intracellulaires résultant de la dilatation de l'extrémité de certains hyphes. Ces vésicules ont un rôle de stockage de nutriments. Ainsi ancré dans sa racine, le champignon est capable d'augmenter à la fois la croissance racinaire (vitesse de prospection racinaire) et, en finalité, le volume de sol prospecté par les racines ainsi mycorhizées grâce au surplus d'éléments nutritifs. Parmi ces éléments, ceux de type phosphorique, connus pour leurs effets sur la croissance racinaire et des hormones de croissance végétale de type PGPR (plant growth promoting rhizobacteria), secrétées par des micro-organismes rhizosphériques associés aux mycorhizes.

Mais la particularité des champignons mycorhiziens est qu'une fois installés, ils vont se développer également à l'extérieur du végétal, dans la rhizosphère et bien au-delà. Quelques chiffres sont avancés : 1 km de mycélium mycorhizien sous un seul pied de poireau dans un pot ou 90 m² de surface de contact développée par le mycélium mycorhizien sous un seul m² de prairie. Énorme ! Mais ce n'est pas tout. Une plante et son champignon mycorhizien ne vivent pas dans une sorte d'autarcie ; le ou les champignons ne se connectent pas avec un seul hôte mais avec d'autres plantes, formant une véritable toile de connexion (réseau my-



MONOSHOX
NG Plus M

Imperturbable !

La réponse au dilemme Qualité de semis / Vitesse de travail

Découvrez la nouvelle suspension Monoshox®.EU avec amortisseur, le parallélogramme large à réglage rapide de pression, sa pointe à démontage rapide et son nouveau bloc arrière. Et profitez des conseils Monosem, le spécialiste de tous vos semis de précision.

Flasher et accédez à la vidéo
Monoshox® NG Plus M



MONOSEM

www.monosem.com

La nature du champignon peut changer le bilan

Des travaux à la fois français et suisses ont porté en laboratoire sur la mycorhization de deux plantes cultivées ensemble : le lin, une plante en C3 et le sorgho, plante en C4. L'intérêt est de pouvoir différencier l'origine des sucres dans le champignon en fonction de la plante. Deux champignons ont été utilisés : *Rhizophagus irregularis* et *Funneliformis mosseae*. Avec le premier champignon mycorhizien, le sorgho semble beaucoup investir (envoi de beaucoup de sucres) pour, au final, peu de nutriments envoyés par le champignon. C'est le contraire pour le lin qui investit peu mais reçoit beaucoup. L'association avec le sorgho est donc tout à fait positive pour le lin. On a changé de champignon et testé le deuxième dans l'association. Bilan : c'est exactement l'inverse. Avec *F. mosseae*, c'est le sorgho qui bénéficie plus de l'association avec le lin. Et si on introduit les deux champignons ensemble, que se passe-t-il ? « Les travaux sont en cours », annonce D. Wipf, nous laissant sur notre faim... Une expérimentation sur le fraisier (France/Italie) aboutit aussi à des conclusions intéressantes. Trois bactéries et trois champignons différents ont été associés au fraisier. Il en ressort que les champignons impactent la croissance de la plante (jusqu'au nombre de fleurs par exemple) et les bactéries jouent sur la qualité des fruits (taille, pH, acide/sucre...). L'ensemble des deux, bactéries et champignons, impacte positivement l'ensemble. Là encore, c'est bien la diversité qui apporte le plus de bénéfices. À avoir en tête quand, par exemple, on songe à mycorhizer.

célien commun) dans le sol et cela parfois sur de très grandes surfaces. Un vrai Web à eux seuls ! C'est ainsi qu'il a été mesuré une distance de 42 km entre deux arbres connectés par un champignon ectomycorhizien. Autre mesure qui donne le vertige : sur une parcelle de forêt de 30m x 30m, des chercheurs ont constaté que l'arbre le plus « connecté » l'était avec 47 autres et que, via les mycorhizes, ils s'échangent des informations et des nutriments entre espèces parfois radicalement différentes. Quant à une connexion mycorhizienne entre culture et adventices, elle est prouvée (encadré page 24) ! Ainsi, ce très fin réseau mycélien va décupler la surface et la capacité d'échange d'eau et d'éléments minéraux des plantes lesquelles, livrées à elles-mêmes, ne peuvent effectuer leurs prélèvements que dans la rhizosphère toute proche. On parle d'un facteur 1 000 ! Mais que s'échangent-ils ?

Jusqu'à 20 % de sucres donnés

La plante donne au champignon le fruit de sa photosynthèse, notamment des sucres. Elle peut livrer jusqu'à 20 % de sa production, sans en être

affectée. C'est dire si cette relation mutualiste lui est importante ! Attention, à l'inverse, en cas de besoin, la plante est tout à fait capable de reprendre du sucre ainsi donné à la mycorhize. Elle peut même détruire les hyphes installés dans ses racines si le champignon se montre inopérant. Petit rappel à ce niveau : si la plante peut vivre sans le champignon, l'inverse n'est pas vrai (organisme biotrophe obligatoire).

Les échanges se font via des transporteurs moléculaires, dont le contrôle se fait au niveau des membranes cellulaires ; transporteurs qui dépendent de plus de 2 000 gènes ! De son côté, le champignon, boosté par ce don énergétique, met à profit sa formidable capacité d'investigation du sol et apporte à la plante ce qu'elle ne peut aller chercher seule, de l'eau et des éléments minéraux jusque dans les moindres interstices du sol. Une énergie qu'elle n'a donc pas à développer et qu'elle conserve pour la production de biomasse et de graines. La croissance mycélienne pour les mycorhizes les plus « véloces » est de 1 cm par mois. Le réseau d'hyphes se renouvelle sans cesse puisque la durée de vie moyenne d'un hyphes est d'une



Voici une photo montrant la colonisation d'une racine de carotte par le champignon *Rhizophagus irregularis*. Pour la petite histoire, il s'agit d'un champignon mycorhizien très célèbre, dont le génome a été récemment séquencé et dont un ancêtre aurait permis aux végétaux de coloniser l'espace terrestre il y a plusieurs centaines de millions d'années. Un savant dialogue moléculaire s'instaure ainsi entre ces deux acteurs, faisant intervenir des exsudats très spécifiques.

semaine. C'est pourquoi la qualité de la structure des sols reste l'élément clé de la relation symbiotique ; en effet si le sol est compacté ou engorgé en eau, la prospection racinaire sera affectée et, secondairement, la qualité de la relation symbiotique. Lorsque les réserves nutritives d'un secteur ont été explorées et « exploitées », la mycorhize va tout simplement voir ailleurs. Mais elle ne repart pas sans rien laisser : elle laisse un tube inerte, vide mais riche en éléments carbonés qui vont venir enrichir le pool de matières organiques du sol et, bien sûr, continuer à participer à l'architecture organique du sol. On parle beaucoup du phosphore. Il s'agit en effet d'un ion solidement ancré au niveau des structures minérales des sols. Dans cet état, il ne peut être assimilé par les plantes. Pour l'être, il doit être sous forme

type HPO_4^{2-} . Les champignons mycorhiziens ont justement cette capacité d'aller solubiliser le phosphore des roches, via une batterie d'enzymes. À savoir que toutes les souches de mycorhizes n'ont pas le même niveau d'action sur cette solubilisation. Toujours est-il qu'à partir du moment où on interfère avec ce processus naturel en injectant dans le sol des ions phosphates assimilables par la plante (engrais de synthèse), elle n'a plus besoin de l'aide des mycorhizes et elle s'en passe volontiers si le coût de la symbiose devient trop important. Ce qui est bien dommage. Ce qui est vrai pour le phosphore et aussi vrai pour d'autres éléments, l'azote par exemple. En résumé, dès qu'on apporte une fertilisation de synthèse à la plante, elle préfère puiser dans ces ressources toutes prêtes que dépenser son énergie à faire appel aux mycorhizes.

+d'info



Si vous n'avez pas le N° 89 de TCS en main et que vous souhaitez lire la suite de ce dossier, vous pouvez le commander au 03 87 69 18 18. Pour plus d'information sur les TCS, le semis direct et les couverts végétaux, nous vous donnons également rendez-vous sur : www.agriculture-de-conservation.com

Symbiose avec les plantes mais pas seulement

Six catégories de fonctions sont ainsi modifiées (améliorées) par la symbiose mycorhizienne, conduisant à de meilleures productions végétales avec mycorhizes que sans :

- l'absorption des éléments minéraux (nous venons de le voir) ;
- logiquement, l'absorption de l'eau ;
- les activités hormonales ;
- l'agrégation des sols (voir également notre encadré concernant la glomaline) ;
- la protection contre les organismes pathogènes ;
- la résistance à différents stress environnementaux.

Revenons sur l'absorption des éléments minéraux. Il a été montré par ailleurs que des mycorhizes intervenaient aussi dans la décomposition des matières organiques, qu'elles soient animales ou végétales. Elles agissent seules ou en synergie avec d'autres micro-organismes du sol. C'est une autre manière de donner accès à des éléments minéraux, l'azote en premier. De même, des mycorhizes à arbuscules peuvent s'associer à des bactéries du sol pour dissoudre des minéraux et les rendre ainsi disponibles pour les plantes. On pense encore au phosphore. Il a ainsi été observé des gaines de bactéries entourant les hyphes de ces champignons. Cela veut dire qu'on a la symbiose du champignon avec la plante mais aussi avec des bactéries ! Ce



Chez les légumineuses, il y a non seulement existence de la symbiose bactérienne avec Rhizobia permettant la fixation de l'azote atmosphérique par la plante mais en plus, cette famille est très mycorrhizogène avec un effet synergique très important sur leur croissance de la présence simultanée de la bactérie et du champignon : une symbiose tripartite !

qui nous amène logiquement au cas des légumineuses. Ainsi est-il prouvé l'effet synergique incroyable sur leur croissance de la présence simultanée des deux symbioses : la rhizobienne et la mycorhizienne ; une symbiose tripartite !

Par rapport à l'eau... Le fait d'augmenter la surface d'absorption des éléments minéraux dans le sol conduit aussi à augmenter l'absorption de l'eau. C'est pourquoi, en situation de sécheresse, les plantes mycorhizées gagnent en efficacité car elles accèdent, par les hyphes mycorhiziens, aux plus petits stocks d'eau dans le sol. Cela peut être un bon coup de pouce en cas de sécheresse tardive comme cette année. Certaines recherches ont même montré que le champignon est capable de prévenir la plante d'un dessèchement

irréversible en lui envoyant des signaux provoquant la fermeture de ses stomates. Pour rappel, les stomates sont les petites ouvertures présentes sous la surface des feuilles, assurant les échanges gazeux et la régulation de la pression osmotique. Concernant l'impact sur l'activité hormonale des plantes, celui-ci

sert aussi à réguler le degré de colonisation de la mycorhize. Il est vrai qu'il faut un juste équilibre : le champignon ne peut pas envahir la plante non-stop. Cet effet sur l'activité hormonale serait donc là pour contrôler un équilibre de croissance entre le champignon et la plante hôte.

Synergie communicative

Revenons sur l'impact de la mycorhization sur la protection des plantes contre des organismes pathogènes. Comme nous l'avons déjà évoqué, la plante, dans le sol, vit avec bien des organismes vivants, vertébrés et surtout invertébrés, très souvent microscopiques et amicaux ou non. Les champignons mycorhiziens sont ainsi capables de protéger la racine contre certaines agressions. Ils le font à deux niveaux : dans les tissus racinaires et dans la rhizosphère. Déjà, par la présence très importante du réseau mycélien, le champignon mycorhizien exerce une



Les collemboles agissent dans la compétition entre champignons mycorhiziens et champignons saprophytes. Ces derniers représentent 40 à 80 % du régime alimentaire de ces invertébrés et les mycorhizes, 60 %.

PUB STRIPCAT

La glomaline Super glue

La glomaline est une protéine produite par les champignons mycorhiziens de type arbusculaire. Autant dire que, sous nos cultures, hormis de type brassicacées et chénopodiacées, il y a de la glomaline ! Sa découverte n'a qu'une vingtaine d'années, par Sara F. Wright, chercheuse américaine de l'USDA (United States Department of Agriculture). C'est au niveau des hyphes ou des spores (organes de dissémination et de conservation des champignons) que la protéine est produite. On l'assimile à une colle parce qu'elle est de nature très stable (peu dégradable) et hydrophobe (n'aimant donc pas l'eau). Sécrétée par le champignon, elle en recouvre ses hyphes et ses spores, les protégeant. Mais de par sa nature particulière, on comprendra aisément qu'elle participe grandement à la stabilité structurale des sols. La scientifique américaine a même dit d'elle qu'elle était peut-être plus présente dans un sol que le fameux humus (matière organique « aboutie » et extrêmement stable). La glomaline pourrait ainsi représenter le tiers du carbone séquestré dans les sols de la planète (entre 28 et 45 % de son poids sec est constitué de carbone et entre 0,9 et 7,3 % d'azote). Cette protéine d'intérêt aurait aussi une autre corde à son arc : celle de pouvoir « piéger » certains métaux lourds, atténuant leur effet potentiellement toxique sur les organismes du sol et les racines. Enfin, il semble de plus en plus évident pour la recherche que d'autres organismes, autres que les champignons mycorhiziens, produisent aussi de la glomaline, bactéries par exemple.

pression quantitative sur les autres populations fongiques de la rhizosphère, les maintenant sous un seuil de présence acceptable. Il évite ainsi leur prolifération qui aurait un impact négatif sur la culture. C'est toute la différence entre une plante mycorhizée et une autre qui ne l'est pas, beaucoup plus sensible aux attaques de pathogènes. Il existe un troisième niveau : en améliorant l'alimentation de la plante, la mycorhization rend celle-ci également plus forte vis-à-vis des agressions. Mais les plantes mycorhizées résistent aussi aux pathogènes par l'augmentation de leurs défenses naturelles ; conséquence de la présence du champignon mycorhizien, ce dernier étant capable de contourner cette batterie de défenses. La plante peut donc continuer à bénéficier de sa présence mutualiste, tout en restant protégée des attaques de pathogènes. Par ailleurs, plus on observe finement le sol, plus on met en évidence des relations de synergies entre les bactéries du sol et les mycorhizes, notamment dans le contrôle des maladies racinaires. Par exemple, les modifications biochimiques induites dans la plante mycorhizée, via

l'acide jasmonique, exercent un impact négatif sur des larves d'insectes phytophages, broutant leur feuillage. Ainsi, le champignon mycorhizien, dans la racine, est-il capable d'agir au-delà de la surface du sol, par molécule interposée. Un bel exemple de synergie communicative. Les collemboles, acteurs importants de la faune rhizosphérique, semblent également jouer un rôle majeur. À partir de la racine, c'est une infinité de chaînes alimentaires qui se mettent en place, toutes, participant à l'équilibre du système. Par exemple, les collemboles agissent dans la compétition entre mycorhizes et champignons saprophytes. Ainsi, les saprophytes représentent 40 à 80 % du régime alimentaire de ces invertébrés et les mycorhizes 60 %. La présence des collemboles est elle-même dépendante des exsudats émis par la racine. Deux chercheurs (Steinaker et Wilson – 2008) ont démontré que la production annuelle des racines et celle de mycorhizes étaient à leur maximum pour une densité intermédiaire en collemboles de 300 à 700 individus/m² en sol de prairie et de 600 à 1 500/m² en sol de forêt. En remontant la chaîne, les prédateurs de



Deux pratiques culturales entraînant une nette diminution de la proportion de champignons mycorhiziens dans un sol : sol nu et labour profond ; à savoir que le passage de la rotative est encore plus néfaste, notamment en conditions sèches. Trois semaines de sol nu, c'est jusqu'à 30 % de champignons mycorhiziens en moins.

ces mêmes collemboles sont aussi concernés notamment par le niveau et la nature des composés émis, à l'origine, par la racine. On était parti de la simple relation racine-mycorhizes et voilà que tout s'enchaîne ! Et encore, « tout » reste à découvrir ! Pour terminer ce chapitre sur le rôle des mycorhizes, on peut aussi ajouter celui vis-à-vis des polluants. Ces champignons ont la capacité de stocker des polluants. Ils ne les dégradent pas mais les stockent et les insolubilisent. C'est d'ailleurs cette capacité qui est utilisée quand on fait pousser des plantes sur des sites pollués, par exemple aux métaux lourds.

Pratiques délétères

Les sols naturels, non cultivés, sont bien pourvus en champignons mycorhiziens, de telle façon que les végétaux qui s'y installent sont abondamment mycorhizés, en permanence.

Dans un sol agricole, la donne est différente puisque, automatiquement, les pratiques culturales ont une influence sur les mycorhizes et toute la vie biologique en général. La diversité y est moindre et leur formation ralentie. Il n'est pas rare, d'ailleurs, qu'au cours d'une saison culturale, les symbioses ne se forment qu'en fin de cycle, ce qui apporte peu à la culture en place. Parmi les pratiques délétères, citons en premier et logiquement le travail du sol. Parmi les plus impactant : un labour profond mais aussi l'émiettement du sol créé par l'emploi d'une herse rotative en conditions très sèches. Sachez que lorsqu'on veut récolter des champignons mycorhiziens dans un sol sans les abîmer, on trempe l'échantillon dans de l'azote liquide pour les figer. Facile alors d'imaginer l'effet des socs de charrue ou de tout autre élément d'outil de tra-



Transport par voie digestive

Symbiotes obligatoires, les mycorhizes ont besoin de s'associer aux racines des plantes pour vivre. Ils peuvent néanmoins survivre à l'état de spores dans le sol et même résister au passage dans le tube digestif d'organismes invertébrés (ver de terre) ou vertébrés (rongeurs), sans perdre leur pouvoir de germination. C'est ainsi qu'un Autrichien, en analysant les excréments de campagnols, a découvert une proportion non négligeable de champignons, notamment des mycorhizes toujours actives. Il s'avère que les spores de ces champignons résistent à l'attaque des sucs digestifs du micromammifère et « ressortent » telle qu'elles ! Prêtes à germer mais un peu plus loin...

vail du sol sur les filaments mycorrhiziens. Ils sont rompus, brisés, malmenés. Il en reste toujours mais il faudra de nouveau beaucoup d'énergie et de temps pour reconstituer ce qui aura été perdu. Rappelez-vous cette estimation (haute) de croissance du mycélium mycorrhizien dans un sol : environ 1 cm par mois. Si la nature du travail du sol est importante, la répétition des travaux dans le temps l'est d'autant plus. Il va sans dire qu'un sol sans végétation n'est pas non plus favorable aux mycorrhizes. Pour Daniel Wipf, professeur à l'université de Bourgogne et grand spécialiste des champignons mycorrhiziens, « la pire chose qui puisse arriver aux mycorrhizes, c'est un sol nu ! Au bout de seulement trois semaines d'un tel régime, vous abaissez votre diversité de champignons mycorrhiziens jusqu'à 30 %. Car ces champignons ont obligatoirement besoin de la plante pour vivre. » Trois semaines, ce n'est rien ! Attention, cela ne veut pas dire que si on poursuit cet état de sol nu, on va tomber à zéro champignon. « Les champignons sont d'une manière générale des organismes résistants. Lorsque les conditions de vie ne sont plus rassemblées, ils se mettent en vie ralentie, par exemple sous forme de spores, attendant des jours meilleurs. On peut citer les cas d'inondations. Ce n'est pas parce que la parcelle va rester inonder des semaines qu'elle va perdre toute sa vie biologique et notamment ses mycorrhizes », rassure le scientifique. **La nature de la végétation** est également importante. Rappelez-vous : les brassicacées (anciennement crucifères) et les chénopodiacées ne créent pas (ou très peu) de symbiose mycorrhizienne. On peut alors s'interroger sur le délai minimum de retour sur une parcelle de telles familles lorsque le potentiel mycorrhizogène a déjà été entamé. « À vrai dire, difficile de répondre. Il faudrait pour cela mettre en place des expérimentations de longue durée, ce qui a été peu ou pas fait », répond D. Wipf. À l'opposé, les légumineuses s'en font une ligne de conduite, complétant cette relation avec la symbiose

rhizobienne et décuplant leurs effets. Encore un très bon argument pour introduire des légumineuses dans son assolement et ses rotations. La nature du sol a-t-elle une influence sur la quantité et la diversité de champignons mycorrhiziens ? A priori, pas vraiment. Bien entendu, des zones de **grande compaction** où l'oxygène se ferait plus rare ne seront pas favorables. **L'acidité** n'est pas non plus très appréciée. Ainsi, sous une forêt de conifères, pins ou épicéas, il y a moins de mycorrhizes car ceux-ci n'aiment pas des pH inférieurs à 5. Rien que chauler des sols devenus un peu trop acides va avoir un effet positif sur leur contenu mycorrhizien. La question peut alors se poser en cas d'utilisation de compost de déchets verts avec forte proportion de conifères. Quid des intrants ? On pense déjà aux **fongicides**. Ont-ils un effet délétère sur les champignons mycorrhiziens ? « Oui et non, nous répond D. Wipf. Tout dépend de la nature et du mode d'action du fongicide. Ainsi, un fongicide foliaire, bien appliqué, n'aura probablement que peu d'impacts, le temps qu'il atteigne vraiment le sol », ajoute-t-il. On peut aussi rappeler la comparaison qu'a faite Simon Cowell, agriculteur TCSiste du sud-est de l'Angleterre sur des semences de blé, les unes traitées au fongicide et les autres non. Des analyses au printemps suivant ont révélé que 20 % des racines du blé traité étaient mycorrhizées. C'était plus de 40 % chez le blé non traité. Et les **herbicides** ? « On n'a jamais étudié d'impact direct sur les mycorrhizes, répond là encore D. Wipf. En revanche, il va y avoir un impact indirect par la destruction des plantes hôtes. » Autre conséquence inattendue : la résistance des plantes aux pesticides. À dire d'experts, celle-ci peut être favorisée par les mycorrhizes, les pesticides étant perçus comme des agresseurs. Et oui, une si haute connexion a bien des conséquences qu'on n' imagine pas... Et la **fertilisation** dans tout cela ? Comme nous l'avons



Le système SD + couverts végétaux (SDSCV) conduit sous fertilisation azotée classique permet d'observer que 20 % des plantes de blé sont mycorrhisées contre 3 % seulement en labour ; en revanche, en absence de fertilisation azotée, ce sont 35 % des plantes de blé qui sont mycorrhisées en SDSCV et 10 % en système « labour + rotative ». Ces résultats sont issus de 5 années d'essais comparatifs menés par l'université de Picardie-Jules Verne, sur une rotation blé d'hiver/pois/maïs/blé/lin. « Cette expérimentation montre que la mycorrhization est sous la dépendance du travail du sol et de la fertilisation azotée », dixit Thierry Tétu.

déjà dit plus haut, apporter des engrais minéraux de synthèse, azote et tout particulièrement phosphore, rend les plantes paresseuses. Ayant tout à disposition et sans besoin de dépenser beaucoup

d'énergie, elles dédaignent la relation mycorrhizienne. À ce titre, on peut citer les récents résultats d'une expérimentation conduite durant 5 ans à l'université de Picardie Jules Vernes d'Amiens par

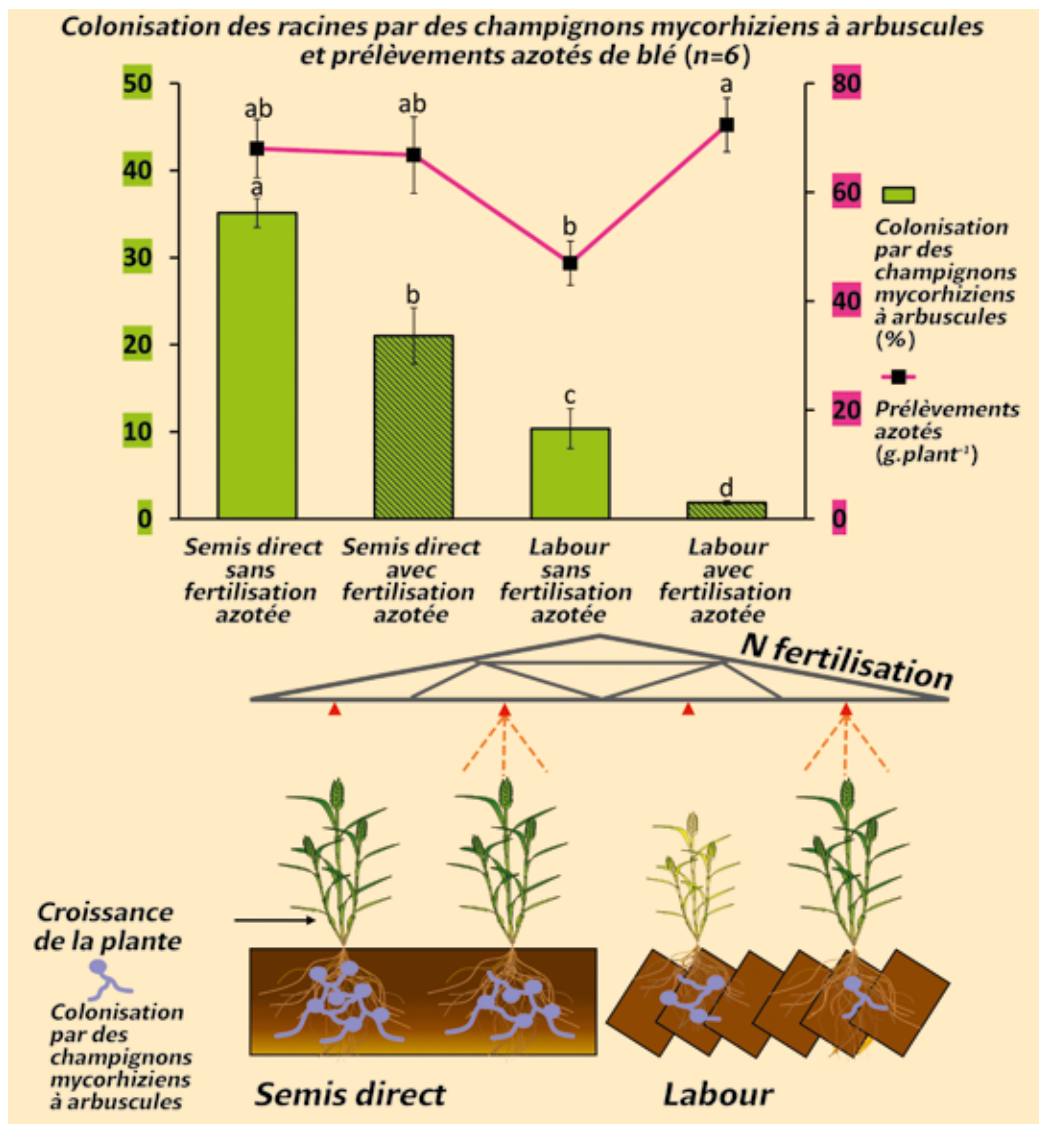
SEMOIR SEMIS DIRECT À DISQUE INCLINÉ

LE BOSS AU TRAVAIL !

- **EN DÉMO** L'équipe SLY se déplace et vous montre le semoir en action.
- **SUR VOTRE SEMOIR** Mieux qu'une démo, commandez et installez 2 rangs sur votre semoir pour tester le BOSS aussi longtemps que vous le souhaitez, dans vos conditions ! La meilleure démo qui soit avant de s'engager !

slyfrance.com 05.53.40.32.95

Impact du travail du sol et de la fertilisation azotée sur la symbiose mycorhizienne et les prélèvements d'azote par la plante



JULIEN VERZEUX, UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES VERNE

Ces travaux menés par l'université de Picardie Jules Verne sur une rotation de 5 ans blé d'hiver/pois/maïs/blé/lin comportant peu de retours organiques, montrent l'impact évident à la fois du travail du sol sur la symbiose mycorhizienne mais aussi la fertilisation azotée.

Ils montrent qu'en absence de fertilisation azotée sur 5 années, les plantes de blé mycorhizées en SDSCV sont capables de prélever autant d'azote que les parcelles ayant reçu des engrais azotés pendant 5 années alors que dans les systèmes « labour + rotative », les plantes de blé ne sont pas capables de maintenir une telle capacité d'absorption de l'azote dû à la faiblesse du taux de mycorhization des plantes de blé des systèmes labourés.



Les mycorhizes seraient-elles capables d'empêcher la prolifération de plantes qui ne sont pas mycorhiziennes ? Ce n'est pas exclu et ce serait, somme toute, logique. On pense à des espèces comme l'amarante, la moutarde sauvage. Mais s'ils peuvent nuire à la croissance de certaines adventices, ils peuvent aussi le faire vis-à-vis de cultures peu ou pas mycorhiziennes : la moutarde cultivée, le colza ou le sarrasin ! À l'inverse, on peut aussi penser qu'un peuplement d'adventices, mycorhiziennes, puisse favoriser le développement des champignons et que cela soit bénéfique aux cultures ! N'est-ce pas d'ailleurs ce qu'on attend d'un couvert végétal multi-espèces parmi ses bénéfiques ? On préfère en effet avoir le couvert que les adventices pour jouer ce rôle-là. À propos, T. Tétu ajoute : « Il a été montré que les bases de la malherbologie devaient être revisitées car la concurrence des adventices mycorhizées en semis direct au plan nutritif n'est pas du tout la même qu'en système labour ; la croissance est moins exubérante et plus régulière. » Bien des recherches restent à faire, d'autant plus difficiles que d'une part, on a encore du mal à identifier les champignons et d'autre part, il y a tant de relations dans cette boîte de Pandore qu'est le sol !

Thierry Tétu, en collaboration avec les Ets Bonduelle et Syngenta.

Sous la dépendance du travail du sol et de la fertilisation azotée

Sur une rotation blé d'hiver/pois/maïs/blé/lin comportant peu de retours organiques (pas d'élevage, ni d'apports d'effluents, ni d'engrais PK), plusieurs systèmes de cultures ont été mis en comparaison : travail conventionnel (labour + herse rotative) ou semis direct, avec ou sans fertilisation azotée, avec ou sans couverts végétaux comportant une pro-

portion de légumineuses d'environ 50 %. Les résultats sont relativement clairs. En 5 ans, le système SD + couverts végétaux (SDSCV) conduit sous fertilisation azotée classique permet d'observer que 20 % des plantes de blé sont mycorhizées contre 3 % seulement en labour. En revanche, en absence de fertilisation azotée, ce sont 35 % des plantes de blé qui sont mycorhizées en SDSCV et 10 % en système « labour + rotative ». Cette expérimentation montre que la mycorhization est sous la dépendance du travail du sol et de la fertilisation azotée. De même, d'autres travaux publiés par l'université de Picardie Jules Verne ont pu montrer dans les systèmes « labour + rotative » que la présence de couverts végétaux sur la durée d'une rotation était capable d'empêcher la perte de biodiversité microbienne du sol due aux engrais azotés mais que cette perte ne se produisait pas initialement dans les systèmes de semis direct. Ces travaux ont montré également qu'en absence de fertilisation azotée sur 5 années, les plantes de blé mycorhizées en SDSCV étaient capables de prélever autant d'azote que les parcelles ayant reçu des engrais azotés pendant 5 années alors que dans les systèmes « labour + rotative », les plantes de blé n'étaient pas capables de maintenir une telle capacité d'absorption de l'azote dû au faible taux de mycorhization des plantes de blé des systèmes labourés. En résumé, sans vouloir dire que l'on pourrait se passer des engrais azotés, dans une rotation avec peu de restitutions organiques, ces travaux montrent qu'il est possible de maintenir les niveaux de production en remplaçant progressivement les engrais azotés de synthèse par de l'azote biologique issu des légumineuses de cultures principales (la rotation comportant pois et haricot) et des couverts végétaux. D'autres travaux en cours dans cette même université mais non encore publiés (T. Tétu, communication personnelle) montrent déjà que les effets de



Des légumineuses, toujours le plus possible, variées et à « toutes les sauces », ici du pois, en solo sur la partie droite de la photo et à gauche, en association avec l'orge. Rien de tel pour booster les populations de champignons mycorhiziens, à condition que le « travail » du sol suive. Sur cette parcelle, nous sommes en semis direct.

la diminution des doses de fertilisants azotés se répercutent de façon très significative sur la productivité en grains du pois et du haricot ; car une symbiose tripartite mycorhize/légumineuse/rhizobium se met en place dans les conditions de SDSCV et non dans les systèmes labour. De même, d'autres travaux encore plus récents ont pu mettre en évidence que les réserves en spores mycorrhiziennes étaient significativement plus importantes dans les sols en mode de semis direct par rapport à ceux gérés en mode « labour + rotative ». Parallèlement les travaux montrent que le SDSCV se traduit à 5 ans par une augmentation significative des teneurs en carbone organique et en azote organique comparativement aux systèmes « labour + rotative » favorables au développement de la vie du sol essentiellement hétérotrophe au carbone organique et à l'azote organique.

De même, le groupe de chercheurs a pu également mettre en évidence que les activités enzymatiques de type phosphatase sont beaucoup plus élevées en SDSCV comparativement au système labour + rotative ; les activités phosphatases microbiennes étant responsables de la solubilisation des phosphates du sol insolubles, mis à disposition des cultures. Tous ces mécanismes ou processus écologiques ex-

pliquent pourquoi, dans les systèmes SDSCV, il est possible de faire de longues impasses en phosphore (à condition que le sol contienne des réserves de phosphore total insolubles) sans impacter les rendements comparativement aux sols des systèmes labour + rotative très dégradés au plan de leurs fonctions biologiques. Si on résume : labour, travail intensif et répété du sol, terre nue, monoculture, pas de légumineuse dans le système, un peu trop de plantes non mycorrhiziennes dans la rotation, apports importants d'engrais phosphatés solubles et probablement de certaines catégories de pesticides (fongicides en particulier) : voilà tout l'arsenal ANTI-mycorhizes. « L'impact des pesticides sur la mycorhization est cependant très difficile à démontrer en sol riche en MO et ayant une forte activité biologique comme dans les sols en SDSCV en raison de la capacité de ces sols à biodégrader très rapidement les molécules pesticides appliquées, complète T. Tétu. C'est donc plus dans les sols labourés présentant un taux de MO plus faible et une faible activité biologique que l'on peut s'attendre à des impacts négatifs des pesticides sur la biologie des sols. On n'aboutit pas à leur éradication complète mais dans certaines situations, on peut arriver à une quantité et une diversité insuffisantes empêchant que celles-ci puissent jouer un rôle significatif

dans la mycorhization des plantes de grandes cultures. »

La diversité, le meilleur outil qui soit

Alors que faire pour retrouver (ou entretenir) des populations en quantité et diversifiées de champignons mycorhiziens ? Reprendre point par point les facteurs délétères et les limiter, voire parfois, les supprimer :

- arrêt du labour avec passage à des TCS « light », voire du SD. On vient de mentionner les tout récents résultats de l'université de Picardie mais vous pouvez aussi relire l'article sur les résultats obtenus sur la plateforme expérimentale d'Oberacker, en Suisse, paru dans TCS n° 81 de janvier/février 2015. Le SD sort là aussi du lot par sa richesse et sa diversité en champignons mycorhiziens ;
- jamais de sol nu, ce qui implique, en interculture, des couverts végétaux, voire parfois un CDI (couvert à durée indéterminée : voir notre précédent dossier dans TCS n° 88 de juin/juillet/août 2016) ;
- globalement, dans le temps et dans l'espace, une diversité de plantes semées, que ce soit en culture ou en couvert végétal qui permettent d'entretenir constamment le niveau de présence des mycorhizes ;



Dans un bocal d'environ 10 cm de haut et un peu moins en diamètre, il y a :

- 200 milliards de bactéries (1 g de sol = 1 million de bactéries)
- 100 km de filaments de champignons (1 g de sol = centaine de milliers de champignons)
- 200 000 insectes, vers, protozoaires...

La plus grande richesse en vie du sol n'est pas en surface mais en dessous, ce qui impacte forcément la production végétale.

SOURCE : DANIEL WIPF

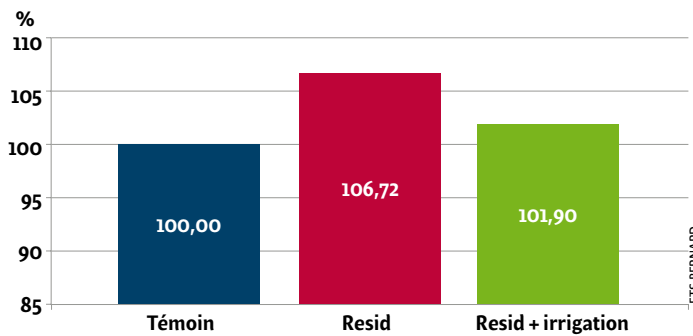


Le projet Mycoagra

Le projet Mycoagra, porté par la chambre d'Agriculture de la Dordogne, a été retenu dans le cadre de l'appel à projet "Innovation et partenariat" du ministère de l'Agriculture et se déroulera de 2017 à 2020. En partenariat avec la recherche (Inra, université de Bourgogne, Muséum d'Histoire naturelle, CTIFL), l'enseignement agricole (3 lycées agricoles, l'Institut Unilasalle - Beauvais - Esitpa), l'association française d'Agroforesterie, Frédéric Thomas et Mathieu Archambeaud, ce projet a pour but d'étudier la mycorhization naturelle sur le maïs et le noyer selon différentes modalités de culture en privilégiant les pratiques de conservation des sols. Le réseau Base sera sollicité pour mettre en œuvre le programme de mesures et d'observations prévues, et la communication se fera au travers des différents supports de l'agriculture de conservation dont TCS et le site www.agriculture-de-conservation.com. L'ambition de ce projet est de fournir des indicateurs sur la mycorhization à partir de deux cultures importantes en France, le maïs et le noyer et, en étudiant les itinéraires favorables aux champignons, de sensibiliser les acteurs du monde agricole à cette dimension de la vie des sols.

François HIRISSOU, CA Dordogne

Synthèse des essais 2013-2014-2015 du *Glomus iranicum* (produit Resid) sur maïs grain



Base 100 : 117,65 q
Base 100 irrigation : 135,78 q

- des légumineuses, le plus possible et là aussi, de nature variée ;
- une limitation ou un plus fort raisonnement de l'usage des intrants, pesticides et engrais de synthèse. Pour ce qui est des engrais, D. Wipf se montre catégorique : « Je préfère privilégier au maximum les engrais organiques et notamment de vrais composts. Quand je dis vrai compost, c'est un compost bien fait, indemne d'organismes pathogènes ».

Et quel est l'effet d'une fertilisation localisée, notamment à base de phosphates ? « Il y aura un impact à court terme, indique le spécialiste. Mais tout dépend aussi des souches. Il s'avère que les apports de phosphates ne sont pas si limi-

tants sur certaines souches de mycorhizes. Des travaux sont en cours. » « De même, la forme des engrais phosphatés utilisés importe beaucoup, précise T. Tétu. Ce sont surtout les formes superphosphates concentrées qu'il faut supprimer, au bénéfice de phosphate naturel à privilégier lorsque le sol est légèrement acide (pH < 7). Les légumineuses étant des plantes extractrices de phosphate du sol, positionnées en interculture, elles génèrent ce que l'on pourrait appeler la loi des avances nutritives pour la culture principale positionnée après le couvert. La densité de semis étant un paramètre très important pour la mise en place des processus écologiques à partir des couverts végétaux



Voici 2 lots de 10 épis de la variété de maïs ES Charleston. L'essai, mis en place par C. Bessard (Ets Bernard) dans la plaine de l'Ain, en système irrigué, comparait 6 rangs sur 300 m de long avec mycorhization au Resid et à côté, 6 autres rangs de la même variété mais non mycorhizée. Les 10 épis ont été prélevés sur le rang 3 de chaque modalité. À droite sur la photo, le maïs avec Resid et à gauche, sans. Il y a, ici, un effet visuel assez net en faveur de la mycorhization. Mais C. Bessard tient à relativiser : « l'effet visuel n'est pas toujours présent surtout quand le Resid favorise uniquement le PMG. Au final, c'est la balance qui compte ! »

d'interculture, plus spécifiquement par les légumineuses. » On a vu que certaines familles végétales n'étaient pas ou peu mycorhizées. On peut aussi s'interroger sur un potentiel effet variétal. Des variétés établissent-elles de meilleures symbioses mycorhiziennes que d'autres ? Il semblerait que oui, à travers cette étude réalisée par des chercheurs suisses sur des variétés de blé au milieu des années 1990. Ils ont comparé l'effet de l'ajout d'un champignon mycorhizien sur plusieurs variétés de blé, les unes considérées comme anciennes car datant d'avant 1975 et les autres plus récentes, obtenues après 1975. Le résultat est assez clair et nous donne une certaine idée de l'orientation qu'a prise la sélection variétale : 8 variétés dites anciennes sur 11 ont eu un gain de rendement avec la mycorhization. Dans les variétés d'après 1975, elles ne sont que 1 sur 11 ! Ce sur quoi certains chercheurs comme D. Wipf essayent d'alerter. Mais attention, le spécialiste tient à rappeler qu'aucune variété, malgré la sélection, n'a perdu sa capacité à s'associer avec le champignon. Simplement, c'est la performance de cette capacité qui a été diminuée. « Et dans la mesure où il a pu être montré que les pratiques culturales de long terme ont un effet très important sur la mycorhization du blé, il apparaît qu'il faudrait désormais tenir compte du système sol pour évaluer l'aptitude à la mycorhization des variétés plus modernes », soumet T. Tétu.

Mycorhizer : un plus en conditions limitantes ?

Un sol naturel, non perturbé, est riche en champignons mycorhiziens et donc en symbioses mycorhiziennes. Un sol agricole voit automatiquement sa vie biologique chahutée par les activités culturales. Une dernière question se pose alors : doit-on mycorhizer une culture ? À l'instar de l'inoculation de bactéries rhizobiennes pour les légumineuses. La réponse

n'est pas si simple. Déjà avant d'agir, il faudrait savoir si le sol en question comporte un inoculum suffisant. Impossible de se faire une bonne idée de visu. Il faut passer par le laboratoire et, à l'heure actuelle, très peu de labo font des analyses de routine de mycorhizes. Maintenant, si vous êtes en agriculture de conservation depuis plusieurs années, vous avez de bonnes chances d'avoir des sols correctement pourvus en champignons mycorhiziens de toutes sortes. Est-ce bien la peine d'aller dépenser en analyses pour vous le prouver ? Est-ce bien la peine d'aller dépenser votre argent en achat de mycorhizes ? D'autant plus qu'en la matière, il est souvent bien compliqué d'évaluer la qualité des solutions parmi toutes celles qu'on peut proposer sur un marché plus que juteux. Néanmoins, il apparaît, dans certaines situations, un réel intérêt de la mycorhization « exogène ». Le sujet a été beaucoup travaillé par Christophe Bessard, des Ets Bernard en région Rhône-Alpes. 2013 marque véritablement le début des expérimentations, notamment sur maïs. « Les principales souches de mycorhizes utilisées en agriculture sont *Rhizophagus irregularis* pour la France et *Glomus iranicum* pour l'Espagne, explique-t-il. Nous avons expérimenté le *G. iranicum* au travers des produits Resid et *G. intraradices* avec le *Microcell* ; ce dernier comportant aussi un autre micro-organisme de type bactérien. » Les ajouts de mycorhizes sous forme de poudre se font en mélange avec la semence et, pour les formes en microgranulés, ils sont simplement appliqués dans la raie de semis. Dès la première année, les résultats sont positifs, autant en termes de gain de rendement qu'au niveau qualitatif. 2014 conforte l'impact positif de la mycorhization exogène ; 2015 est plus compliquée à analyser à cause de la sécheresse précoce maïs, sur les deux seuls essais valables, là encore, la mycorhization



Un bon microscope, sinon rien

On pense parfois que la coloration jaune d'une racine coupée (coloration apparaissant au niveau de la section) est synonyme de racine mycorhizée. On parle même d'une substance appelée mycoracidine. Il n'en est rien ! Bien des substances peuvent donner une couleur jaune, comme des molécules de stress. Pour savoir si une racine est mycorhizée, il faut aller observer dans le cœur de celle-ci avec un bon microscope !

apporte un plus. 2016 est la quatrième année d'expérimentation. À l'heure où nous terminons ce dossier, les résultats n'étaient pas encore disponibles mais nous y reviendrons dans un autre numéro de TCS.

Cette nouvelle année d'essais devrait être particulièrement intéressante d'une part à cause de la sécheresse survenue plus tardivement, en fin de cycle et deuxièmement parce que, parmi les essais, l'un a introduit, pour la première fois, le semis direct (jusqu'à présent, les essais avaient été menés en travail du sol conventionnel avec labour ou en TCS). Même si C. Bessard est très enthousiaste vis-à-vis de la mycorhization, il relativise : « *Ce n'est pas la solution miracle. Je la vois comme la fertilisation localisée : assurer un petit plus, une forme de sécurité* ». Et pas dans toutes les situations ! Il s'explique : « *Aujourd'hui, d'après notre expérience en conventionnel ou TCS, je sais que cela apporte un plus mais il faut affiner. Ainsi, en système irrigué ou si le sol est bon, cela ne vaut pas le coup. En revanche, en non irrigué et conditions limitantes, sol superficiel par exemple, l'ajout de mycorhizes est un plus. On peut, dans ces conditions, assez facilement obtenir les 5 ou 7 % de rendement supplémentaires, permettant déjà de rentabiliser les 30 à 40 euros/ha de coût de la mycorhization* ». Si cela est vrai en maïs, il semble que le soja, légumineuse, soit moins « regardante » avec un plus, quelles que soient les conditions de culture. « *On a aussi une bonne surprise avec l'orge, ajoute l'agronome. Elle répond mieux à la mycorhization qu'un blé,*

par exemple. Elle est comme le maïs : elle répond mieux en conditions limitantes ». C. Bessard ne veut pas s'arrêter là. Il aimerait aussi tester l'ajout de mycorhizes sur d'autres productions, fourragères notamment. Ce qui le conforte aussi dans la poursuite de ses investigations, c'est l'obtention de l'AMM des produits Resid MG et Resid HC de la société espagnole Symborg, ainsi que leur autorisation en bio (Ecocert).

Il est impossible de ne pas impacter la vie biologique d'un sol à partir du moment où celui-ci est cultivé. On peut néanmoins en atténuer les effets. C'est bien l'orientation qui a été prise avec l'agriculture de conservation. Arrêt du labour jusqu'à, dans certaines situations, pratiquer le strict semis direct, couverture des sols, diversité végétale, limitation de l'usage des intrants. Autant d'effets positifs sur nos champignons mycorhiziens. Nous le savions, nous nous en doutions mais il nous a paru nécessaire de refaire un rappel sous la forme d'un dossier, compilant toutes les connaissances, dont de récentes, sur ces si célèbres champignons. Vous qui êtes en AC ou sur le point de l'être, continuez dans cette voie ; c'est tout un monde connecté qui vous le rendra au centuple.

Cécile WALIGORA avec les relectures de Daniel WIPF¹, Thierry TETU² et Christophe BESSARD³

- (1) Daniel Wipf, université de Bourgogne
- (2) Thierry Tétu, université de Picardie Jules Verne
- (3) Christophe Bessard, Ets Bernard.



YouTube facebook

Tél. 02 40 87 11 24
www.sky-agriculture.com
contact@sky-agriculture.com

Comment réussir SA TRANSITION VERS LE SEMIS DIRECT ?

23 novembre, 9 décembre 2016 et 20 janvier 2017

Conférences organisées par **Frédéric THOMAS, Sarah SINGLA & Christophe de CARVILLE**



3 dates exclusives



Frédéric THOMAS



Sarah SINGLA



Christophe DE CARVILLE

de 9h à 17h

Chez SKY AGRICULTURE à la Ferme de la Conillais
St Émilien de Blain - 44130 BLAIN

Inscription obligatoire ; nombre de places limité

Participation aux frais **30€** par personne (inclut le déjeuner et les frais des intervenants) à nous faire parvenir avec votre bulletin d'inscription

Bulletin d'inscription sur le site internet
www.sky-agriculture.com