

RELATIONS RACINES ET SOL UN MONDE DE COMMUNICATIONS ET D'ÉQUILIBRES

Dans nos champs, sous nos pieds, les racines forment un enchevêtrement parfois très dense. Elles ancrent le végétal à son substrat mais ont aussi bien d'autres fonctions, comme l'alimentation de la plante en eau et en éléments nutritifs. Ce qu'on connaît moins, c'est leur faculté à impliquer les organismes qui cohabitent avec elles dans le sol : bactéries, champignons et autres invertébrés. Tout un réseau de communications intenses existe sous nos pieds. La notion de sol vivant, synonyme à nos yeux de sol fertile, s'exprime bien là car toutes ces relations servent à la plante, à sa nutrition comme à sa protection. Les mécanismes et les relations qui sont en jeu sont quasiment aussi complexes et aussi riches que l'est la biodiversité au-dessus de la surface. Si vous perturbez peu le sol et semez des couverts végétaux, c'est déjà très bien. Mais si vous développez aussi une plus grande diversité végétale avec un maximum de couverture vivante (au-delà des simples résidus) c'est encore mieux.

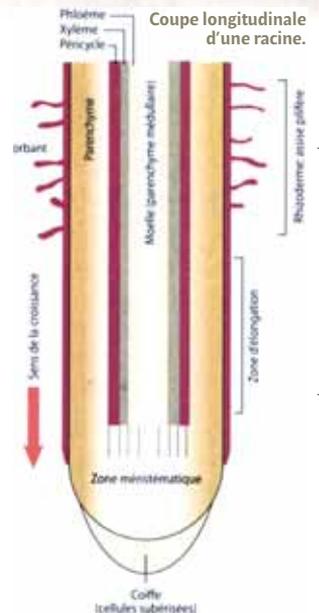
■ Les tiges, les feuilles, les fleurs, les fruits sont des organes de la plante bien connus et étudiés. Les racines sont la face cachée du végétal. Pour autant, c'est bien là que se jouent la fertilité d'un sol, la vie et la production d'une plante.

La racine n'est pas un tube inerte

13 800 000 racines ont été, un jour, dénombrées sous un pied de seigle. Sous un pied de maïs, on a pu comptabiliser 15 à 30 km de racines. D'une manière générale, suivant le type de plante, de sol, de conditions environnementales et de culture, ce sont entre 20 000 et 100 000 km de racines qui cheminent sous un hectare de sol.

Une racine n'est pas un tube inerte à travers lequel passent l'eau et les éléments minéraux du sol. Une racine a bien une forme cylindrique mais comme le montre le schéma ci-contre, ce « tube » présente, en son extrémité, une zone très vulnérable, l'apex ou zone méristématique. C'est là que se multiplient intensivement les cellules. Juste à l'arrière, on trouve la zone d'élongation. Cette extrémité étant très fragile, elle est protégée par une coiffe, constituée de cellules exfoliées (détachées, mortes). Derrière la zone d'élongation, apparaissent les premiers poils absorbants. Cette zone est très importante car l'objet d'une intense activité d'absorption d'eau et d'éléments. La sim-

ple présence des poils absorbants augmente de manière considérable la surface totale du système racinaire et donc la surface d'absorption. En coupe, de l'extérieur vers l'intérieur, se situent l'épiderme de la racine, le parenchyme puis la zone de conduction protégée par l'endoderme. Dans ce « conduit », on trouve les deux types de vaisseaux conducteurs : le xylème qui achemine, du bas vers le haut, l'eau et les ions nutritifs (la sève brute) et le phloème qui, lui, fonctionne dans le sens inverse puisqu'il véhicule les produits carbonés de la photosynthèse, du haut vers le bas de la plante. Quelles sont les fonctions de la racine ? Déjà, la racine permet au végétal, sans être



immobile, de rester ancré sur son substrat, le sol. Puis, la racine assure l'alimentation de la plante en eau et en sels minéraux puisés dans le sol. La plante ne pouvant pas, par définition, se déplacer comme un animal, les racines sont là pour aller au-devant de la nourriture, dans un environnement donné. La racine a aussi d'autres fonctions comme le stockage et la mise en réserve de nourriture. Elle est parfois aussi le lieu de synthèse de nouvelles molécules. On pourrait imaginer que la plante, de part cette immobilité, subit son environnement. C'est vrai mais seulement en partie car, comme nous le verrons plus loin, la racine est aussi capable de piloter son environnement proche en sa faveur... Cet environnement proche est composé, notamment, des organismes du sol, faune et flore, micro et macro-organismes. Trois acteurs entrent ainsi en relation : les racines, le sol et les organismes qui y vivent.

**La rhizosphère :
rencontre entre
le biologique et le minéral**

La zone de contact entre tout ce petit monde porte un nom précis : la rhizosphère que nous avions abordée, une première fois, dans le dossier du TCS n° 32 d'avril-mai 2005. Elle peut être définie, de manière simple, comme la zone d'influence de la racine sur le sol. Certains la définissent aussi comme la zone de sol qui reste la plus solidement accrochée à la racine lorsqu'on arrache une plante. Ce n'est pas faux mais la zone d'influence de la racine est plus étendue que cela. Elle dépend du type de plante, de son stade et de son activité mais aussi du type de sol et de sa fonctionnalité. Dans certains cas, comme sous une prairie, le sol peut être considéré comme presque totalement rhizosphérique.

En fait cette zone de sol entourant la racine est déterminée par la racine elle-même. C'est elle qui organise « sa » rhizosphère en modifiant les

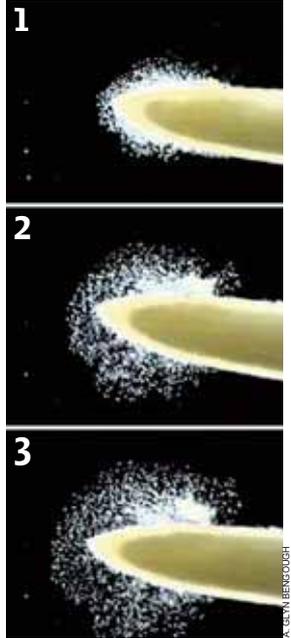
propriétés physico-chimiques de cette dernière et sa composition biologique à travers deux mécanismes majeurs : l'acidification via l'émission de protons (ions H⁺) et l'exsudation racinaire. Celle-ci correspond à la sécrétion, par la racine, de composés organiques qui diffusent dans le sol. Ceux-ci ont une importance cruciale.

Ces exsudats racinaires sont constitués de deux fractions majeures, en plus des cellules exfoliées de la coiffe :

- Les mucilages qui sont composés à 95 %, de sucres (polysaccharides) et à 5 % de protéines. Ce sont essentiellement des produits carbonés issus de la photosynthèse.
- Les exsudats solubles, également issus du processus de photosynthèse, composés de

C'est au niveau de l'extrémité de la racine, au niveau de sa coiffe, que les exsudats racinaires, sous la forme de mucilages, sont émis. Ici, une racine primaire de maïs de 1 mm de diamètre. La sécrétion de mucilage a été photographiée au bout de 1 min puis 3 puis 9, dans une solution d'eau.

molécules de plus petite taille comme des sucres simples, des acides aminés, des acides organiques, des enzymes, des phénols, des stérols ou encore des vitamines.



De 3 à 12,25m

Carrier

Carrier 10

Blodrift en option
Rouleau acier / caoutchouc
Lame crossboard en option
Disques coniques de 430 mm
espacés de 12,5 cm
Disques indépendants

Et aussi à la gamme
Travail du sol

- Cultus
- Top Down
- NZA Agressive
- Rollex / Rexius

www.vaderstad.com – infoFR@vaderstad.com – Tel : 03 44 60 11 46

Le spécialiste suédois du travail du sol et du semis depuis plus de 45 ans

Naissance et développement du système racinaire

Beaucoup s'interrogent sur la progression d'une racine dans un sol. Qu'est-ce qui détermine sa forme ? Comment fait-elle son chemin ? Qu'est-ce qui handicape ou, au contraire, facilite son développement ?

Il y a presque autant de morphotypes de systèmes racinaires que d'espèces végétales. Certaines privilégient un pivot, d'autres un chevelu racinaire fin et dense. Certaines ont une exploration du sol en profondeur tandis que d'autres se cantonnent aux premiers centimètres. Mais tous les végétaux ont une croissance racinaire vers le bas (gravitropisme) et ont un même but : rechercher leur nourriture le plus rapidement et le plus efficacement possible dans un environnement physiquement fixe, tout en étant étanche à de nombreux facteurs biotiques et abiotiques. À propos de gravitropisme, toutes les racines n'ont pas la même sensibilité. Si les racines primaires ont un gravitropisme très fort, les racines adjacentes l'ont beaucoup moins.

Bien qu'encore peu connu, le premier déterminisme de la croissance racinaire est génétique. L'extension dans le temps et dans l'espace du système racinaire est gouvernée par des facteurs génétiques, eux-mêmes modulés par les conditions environnementales. Le climat joue, la disponibilité en eau et en nutriments énormément



(on parle aussi, par exemple, d'hydrotropisme ou encore de phosphotropisme !) mais aussi le niveau de présence et d'équilibre des organismes vivants du sol ; eux-mêmes agissant sur beaucoup d'éléments, comme l'assimilation des nutriments ou l'activité hormonale. Par exemple, une étude récente a montré que si les collemboles n'agissaient pas directement sur la biomasse végétale, ils avaient une influence sur la morphologie des racines qui, en leur présence, sont plus longues, plus fines et forment plus d'apex.

Le premier contact avec le sol se crée dès la germination et la rhizosphère se constitue très tôt, dès lors que la plantule devient autonome en se « désolidarisant » de sa graine pour son alimentation. La rhizosphère se développe alors dans la région apicale des racines. C'est aussi là que la racine croît. Dès qu'une racine émerge, primaire ou secondaire, elle crée sa propre zone d'influence biologique, chimique et physique avec le sol proche. Et plus le système racinaire se développe, plus la rhizosphère se détache des parties les plus âgées de la plante. Ces parties plus anciennes de la racine n'ont alors plus comme fonction que la conduction et l'ancrage du végétal. La durée moyenne de vie d'une racine est très variable car elle dépend de l'espèce, du type de sol, du climat, de l'environnement en général et des pratiques culturales.

L'auxine est une hormone végétale qui a un rôle fondamental dans la croissance des racines. Ainsi, les différentes étapes du développement racinaire sont contrôlées par cette hormone. Une autre phytohormone intervient, la cytoquinine qui a plutôt une action contraire à l'auxine. C'est l'équilibre entre les deux qui gère le développement du réseau racinaire. L'éthylène agit également, notamment en participant à la stimulation de la production d'auxine. Enfin, une autre phytohormone, dite hormone de stress, l'acide abscissique, joue un rôle majeur dans la taille et l'architecture finale du système racinaire.

Pour résumer, il y a donc trois niveaux d'influence sur le développement du système racinaire : génétique, hormonal et environnemental (sol, climat, activité biologique du sol et influences humaines). C'est sur le troisième pilier que l'agriculteur peut jouer en rendant le milieu de vie de la plante le plus favorable pour elle.

La structure du sol est, bien entendu, très importante car plus ou moins propice à la progression de l'apex de la racine. Aussi, les dicotylédones, dont les racines sont plus fortes que celles des graminées, pénètrent plus facilement dans un sol « compact ».

D'une manière générale, la racine, quelle qu'elle soit, suit le chemin de plus faible résistance mécanique et donc celui qui lui demande moins d'énergie. Les fentes (physiques ou galeries créées par des vers de terre ou d'autres racines) et les biopores sont donc privilégiés. La présence de zones tassées représente ainsi un des freins principaux au cheminement de la racine. La meilleure des structures est une architecture composée de zones fermes avec des agrégats stables de 2 à 3 mm, distance à laquelle peuvent être mobilisés la plupart des nutriments, entrecoupées de canaux verticaux (fissures, galeries formées par le biologique). Le meilleur des sols pour favoriser l'exploration racinaire est donc celui qui est pourvu d'une intense vie biologique, permettant d'accéder à la nourriture. Pour obtenir cette activité, il faut une bonne architecture (on revient toujours à la même chose) et surtout de la nourriture, beaucoup de nourriture riche et diversifiée.

A.DI.CARBURES

Application Distribution Des Carbures

LA SOLUTION À VOS PROBLÈMES D'USURES



PREMIER FABRICANT DE PIÈCES CARBURES À PROPOSER :

- VENTE DIRECTE AGRICULTURE
- UNE GAMME COMPLÈTE DE PIÈCES CARBURES À MONTER (pointe + soc charrue, dent herse + grattoir packer, équipement déchaumeur et décompacteur)
- UNE GAMME COMPLÈTE DE PIÈCES CARBURES À SOUDER (pointes, mises de soc, recharges...)
- DES PIÈCES CARBURES SUR MESURE
- RÉFECTION DE VOS PIÈCES USAGÉES



LES EFFES Tél. : 05 49 48 75 51 Fax : 05 49 84 12 06
85150 MOUSSAC www.adi-carbures.com

+ d'info



Pour lire la suite de ce dossier,
commandez le numéro 57 de TCS en appelant au
03 87 69 18 18. Pour obtenir plus d'infos sur les TCS,
les couverts végétaux et le semis direct :
www.agriculture-de-conservation.com

L'ensemble de ces exsudats racinaires ou rhizodéposition, correspond ainsi entre 5 à 30 % des produits de la photosynthèse, soit entre 1 et 3 tonnes de C/ha/an. Certaines études annoncent même que la rhizodéposition représente 40 % des entrées de carbone dans le sol. Des sources complémentaires de carbone qui ne sont, d'ailleurs, jamais bien intégrées dans les bilans...

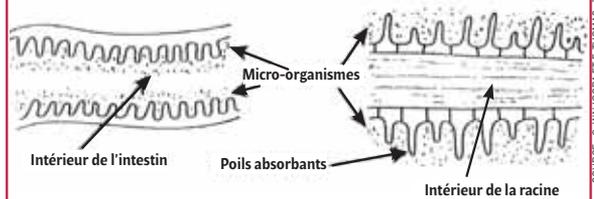
Les exsudats, carburant de la vie biologique des sols

Ces exsudats ont trois rôles majeurs :

- La protection de la coiffe de la racine, zone fragile comportant, comme nous l'avons dit plus haut, les cellules du méristème apical, à l'origine de l'élongation de la racine.
- L'agrégation physique des particules d'argile (à l'image d'une colle).
- La ressource énergétique pour les habitants du sol. C'est le carburant, rapidement et facilement assimilé par de nombreux organismes du sol, micro ou macro.

Les exsudats racinaires stimulent ainsi le développement et la prolifération des organismes vivants tout autour de la racine, constituant la fameuse rhizosphère. On estime, par exemple, que vit entre 10^8 et 10^{10} cellules bactériennes dans cet espace par gramme de sol. Si les exsudats stimulent le développement des micro-organismes, en retour, ceux-ci stimulent l'exsudation racinaire, faisant de ce milieu une zone dynamique où l'activité biologique y est intense. En effet, à partir des exsudats racinaires, se forment de véritables chaînes alimentaires avec, comme premiers acteurs, les bactéries (plus rapides à se multiplier) puis les champignons. Viennent ensuite les consommateurs de ce premier niveau alimentaire comme les nématodes, les protozoaires ou les collemboles et ainsi de suite... Tous les genres ne sont pas attirés par les mêmes compositions d'exsudats. Si la racine oriente en quantité un cortège microbien, elle

La racine est un intestin à l'envers



Si on peut faire une comparaison imagée, la racine est un intestin à l'envers. Dans un intestin animal, le cortège microbien se situe à l'intérieur du « tube ». Chez la racine, c'est plutôt le contraire puisque son cortège microbien est majoritairement localisé à l'extérieur. Néanmoins, le principe de fonctionnement est le même. Il y a aussi des ressources énergétiques produites par l'hôte (l'intestin animal ou la racine), utilisées par les micro-organismes qui se chargent, pour la plupart, d'aider cet hôte à absorber ou excréter d'autres substances.

SOURCE : C. WALCKONNET, F. THOMAS - ICS 2010

l'oriente également en « qualité ». Les micro-organismes constitutifs de la rhizosphère sont ensuite impliqués dans divers mécanismes comme :

- la solubilisation d'éléments nutritifs facilitant leur absorption par la plante ;
- la synthèse de substances de croissance (hormones) ;
- le biocontrôle (protection contre les pathogènes ou, à l'inverse, attaque des racines) ;
- la fixation d'azote atmosphérique par des bactéries spécifiques chez les légumi-

neuses (mode de fixation symbiotique) ou la fixation libre par d'autres bactéries, comme le genre Azotobacter. Notons aussi que le renouvellement permanent des micro-organismes rhizosphériques représente une source non négligeable de nutriments pour la plante via l'émission de composés carbonés facilement assimilables lors de leur mort. L'aide apportée par les micro-organismes s'avère particulièrement précieuse lorsque les éléments nutritifs

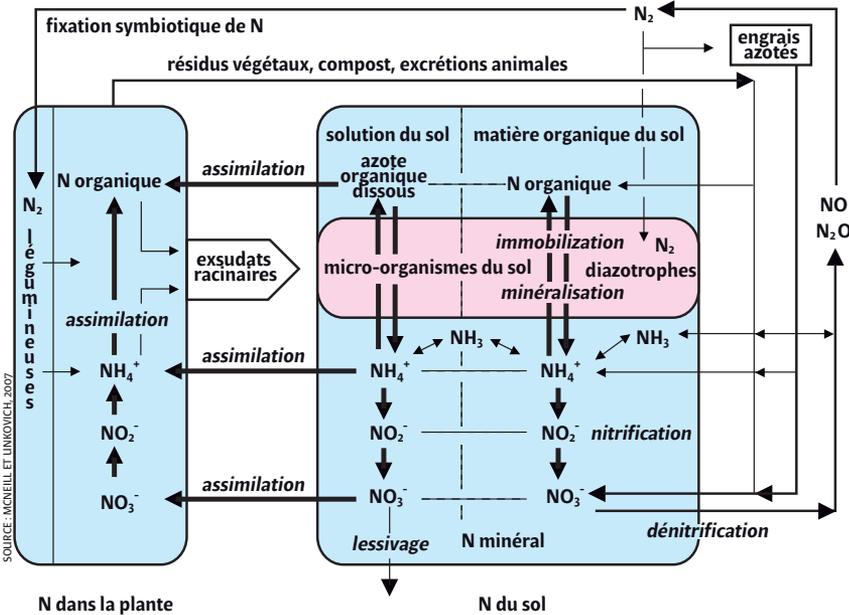
Great Plains
France S.A.R.L.

SEMOIR SEMIS DIRECT et SEMIS SIMPLIFIÉ



GREAT PLAINS France - Jean Paul BLANCHET
B P 18 - 37120 RICHELIEU
E mail: greatplainsfrance@gmail.com
Tél : 06 03 16 49 49 - Fax : 02 47 58 27 28

Micro-organismes et cycle de l'azote



Bien que l'élément azote, sous forme d'ions, soit beaucoup plus mobile que le phosphore, nombreux sont les micro-organismes impliqués dans son cycle, depuis sa forme organique jusqu'à sa forme ionique, assimilable par les racines. Ce schéma résume bien ces nombreuses interactions entre la plante, via ses racines et les micro-organismes qui interviennent dans ce cycle. On voit que non seulement l'azote sous forme ionique est assimilé par les racines mais qu'il peut l'être aussi sous forme organique dissoute, en provenance des micro-organismes ; eux-mêmes stimulés par les exsudats racinaires qu'ils dégradent. Bien entendu, ce schéma indique également l'importance de certaines catégories microbiennes qui interviennent dans la fixation de l'azote de l'air, soit par voie symbiotique (genre rhizobium) chez les légumineuses, soit par des bactéries libres (diazotrophes). On comprend aussi que les apports extérieurs d'azote (engrais) viennent peu ou prou perturber une telle organisation naturelle bien huilée...

sont plus difficiles à absorber parce que « piégés » au niveau du sol.

Actions à tous les stades des cycles des éléments

On pense tout de suite au phosphore dont seulement 10 % de la quantité totale contenue dans le sol est sous forme d'ions assimilables (HPO_4^{2-} et $H_2PO_4^-$) par la plante. Le reste est intimement lié à d'autres éléments comme le calcium, le fer ou l'aluminium. Rappelons qu'avant de requérir l'aide d'organismes du sol, la racine utilise déjà divers mécanismes pour désorber les ions piégés : l'acidification du milieu via l'émission d'ions H^+ , l'exsudation d'acides organiques mais aussi l'émission d'enzymes, appelées phosphatases

(ces dernières servent à hydrolyser le phosphore d'origine organique). Chez de nombreux végétaux, la faible concentration en phosphore assimilable entraîne aussi la libération, par les racines, de composés phénoliques dont certains ont des propriétés antibiotiques. Ils permettent de limiter le développement de micro-organismes pathogènes et empêchent les micro-organismes de la rhizosphère de dégrader les composés organiques émis par la racine impliqués justement dans l'assimilation du phosphore... Les dicotylédones utilisent ainsi ce processus pour augmenter leur absorption de fer, élément naturellement peu soluble et difficilement assimilable. Les

graminées utilisent un autre procédé. Leurs racines sont capables de libérer de très grandes quantités d'acides aminés particuliers, appelés phytosidérophores ayant une grande affinité avec les ions ferriques Fe^{3+} . Ils rendent aussi plus assimilables d'autres éléments comme le manganèse, le zinc ou le cuivre. Mais ce n'est pas tout car il s'avère que des bactéries sont capables d'émettre ce genre de molécule transportant le fer appelé sidérophore. Un autre exemple (ils sont infinis !) est celui de la dynamique du soufre qui implique plus directement certains habitants du sol. Cet élément peut être rapidement immobilisé dans le sol sous forme organique. Cette immobilisation dépend du type

de plante et du type de micro-organismes présents dans la rhizosphère. Les crucifères par exemple (colza) émettent des exsudats racinaires qui stimulent la synthèse d'enzymes d'origine microbienne impliquées dans la solubilisation du soufre. Ainsi, l'immobilisation du soufre sous un colza est plus lente que sous une orge.

La mycorhization : fondamentale et universelle

Nous ne pouvons pas aborder les relations racines et micro-organismes du sol sans évoquer une relation dont on parle de plus en plus : la fameuse symbiose mycorhizienne (champignon-racine). Elle nous permet de voir ce qui se passe à la fois dans l'espace de la rhizosphère sensu stricto mais aussi au-delà de cette zone d'influence immédiate. Cette association symbiotique entre un champignon et la racine des végétaux concerne la quasi-totalité des plantes vertes terrestres. Seules les crucifères (colza, moutarde, chou) et les chénopodiacées (betteraves, épinards) en sont dépourvues. D'autres espèces aussi comme le sarrasin ou le lupin qui, pour ce dernier, s'en est affranchi en développant un système racinaire particulier ayant la capacité d'assimiler plus efficacement les éléments nutritifs qu'un système racinaire « classique ». Plusieurs catégories de champignons interviennent dans la symbiose mycorhizienne mais 70 % des plantes vasculaires actuelles entretiennent une symbiose avec des mycorhizes dites arbusculaires car formant des structures fongiques particulières nommées arbuscules. Cette forme de symbiose existe depuis les tous débuts de la vie terrestre, soit environ 450 millions d'années. Pour la petite histoire, selon les spécialistes, après les li-

Sarl MJM présente:
Raccord de dent pour herse peigne
Efficacité constante & durable
Economie sans égal
& bien d'autres avantages
02.47.30.26.70 - 06.80.10.44.22
E_mail: Mauduit@aol.com

AerWay L'AERWAY établit un nouveau standard pour le labourage vertical et l'incorporation de résidu. Systèmes d'aération supérieurs, allège la compaction à plus de 200 mm de profondeur

AGRISER
Chemin Bruchweg
67170 Kriegsheim BP 60099 - 67173 Brumath Cedex
Tél. 03 88 64 06 61 - Fax 03 88 68 48 26 - Port. 06 07 83 09 48
www.agriser.com - email: info@agriser.com

chens (également un type de symbiose), la symbiose mycorhizienne aurait permis la conquête du milieu terrestre par le monde végétal.

Mais comment ça marche ? Symbiotes obligatoires, ces champignons ont besoin de s'associer aux racines des plantes pour vivre. Ils peuvent cependant survivre à l'état de spores dans le sol et même résister au passage dans le tube digestif d'un organisme invertébré (ver de terre) ou vertébré (rongeur) sans perdre leur pouvoir de germination. Le principe est simple : la plante verte, grâce à la photosynthèse, alimente son symbiote en éléments carbonés (la recherche avance le chiffre de 20 % des produits carbonés qui sont utilisés par le champignon) et celui-ci, en retour, approvisionne la plante en eau et en éléments minéraux à partir du substrat, le sol. Les spores du champignon donnent naissance à des mycéliums (les « racines » du champignon), dont la croissance est stimulée par des flavonoïdes émis par la plante. Lorsque ce mycélium entre en contact avec la racine (au niveau des poils absorbants), il se fixe (sorte de ventouse) et se développe à l'intérieur grâce à un très fin réseau. Il y pénètre de façon subtile sans trop perturber les structures et développe des arbuscules et des vésicules comme le schéma ci-après le montre.

La particularité des mycorhizes, par rapport aux symbioses chez les légumineuses avec les bactéries du genre rhizobium, est que le champignon ne reste pas confiné à l'intérieur de la racine. En effet, à partir de ce point d'ancrage dans la racine (et c'est tout l'intérêt de cette association), le mycélium se développe de manière considérable à l'extérieur, envahissant le sol dans toutes les directions. De très fine dimension, il offre alors une surface de contact très importante, pénétrant beaucoup plus aisément que la plus fine des radicelles, dans les moindres interstices. On a ainsi estimé que sous un mètre carré de prairie, la surface de

contact du mycélium déployé pouvait représenter 90 m², soit neuf fois plus que la surface explorée par les racines seules. Dans un pot, sous un seul pied de poireau mycorhizé (plante type, particulièrement riche en mycorhizes), le chiffre est de 1 kilomètre de mycélium ! Six catégories de fonctions sont modifiées par la seule présence de la symbiose mycorhizienne :

- l'absorption des éléments minéraux ;
- l'absorption de l'eau ;
- les activités hormonales ;
- l'agrégation des sols ;
- la protection contre les organismes pathogènes ;
- la résistance aux stress environnementaux.

Les mycorhizes jouent à tous les niveaux

L'absorption d'éléments nutritifs est la toute première fonction attribuée aux mycorhizes, notamment celle des éléments peu mobiles dans le sol comme le phosphore et le zinc. Cette efficacité d'absorption accrue des plantes mycorhizées vient de la surface d'exploration du sol beaucoup plus importante grâce au développement du mycélium. Imaginez si la plante devait, par elle-même, aller chercher ces éléments peu mobiles ?

Elle devrait déployer une énergie considérable qu'elle n'aurait plus pour d'autres fonctions, comme la formation de biomasse et de graines... Mais ce n'est pas tout : des travaux récents montrent que des champignons mycorhiziens interviennent aussi dans la décomposition des matières organiques, qu'elles soient animales ou végétales. Dans cette activité, ils agissent seuls ou en synergie avec d'autres micro-organismes du sol. De cette manière, ils donnent aussi accès à d'autres éléments minéraux, l'azote en premier. De même, il a été montré que les champignons arbusculaires peuvent s'associer étroitement à des bactéries du sol pour assurer la dissolution des minéraux et rendre ainsi les éléments, comme le phosphore, disponibles pour les plantes.

STRUCTURATOR

Variété de Radis Chinois d'hiver

ÉCO-AZOTE



Le décompacteur de vos sols

- ★ Radis potager à racine très puissante, descend à ± 40 cm pour piéger l'azote disponible
- ★ Semis 5 à 6 kg /ha - Levée rapide
- ★ Améliore la macroporosité et la vie microbienne des sols
- ★ Détruit par le gel à -8°C ou facile à casser mécaniquement

CIPAN Spécial TCS



Retourner le coupon ci-dessous à :

Sem-Partners

La nouvelle dynamique des semences

57, rue de Marsinval - 78540 VERNQUILLET

Tél : 01 39 71 85 60 - Fax : 01 39 28 01 33

E-mail : sem-partners@wanadoo.fr

Pour plus d'infos sur le radis chinois :

www.sem-partners.com
www.renaudat-sarl.com

Oui, je désire recevoir gratuitement le nouveau guide 2010 sur les Couverts Végétaux ✂

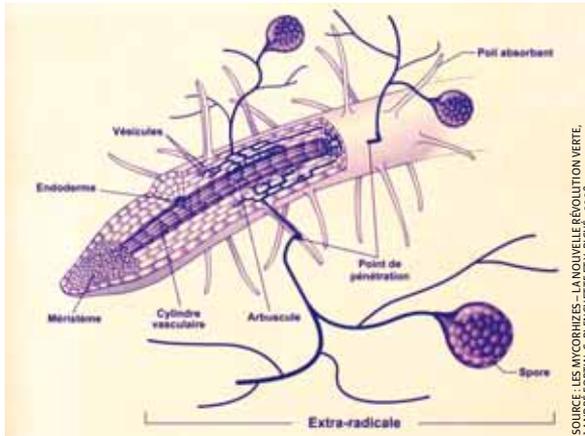
Nom..... Prénom..... TCS

Adresse.....

Code Postal..... Ville.....

Tél..... E-mail.....

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



SOURCE : LES MYCORHIZES - LA NOUVELLE RÉVOLUTION VERTÉ, JANDRE FORTIN, C. PIENGHETTE ET Y. PICHÉ - 2008

On observe même la formation de gaines ou biofilms bactériens à la surface des hyphes du champignon ! La symbiose va ainsi, au-delà de la seule relation racine-champignon... Il est aussi admis aujourd'hui que chez les légumineuses, la présence simultanée de la symbiose mycorhizienne et

de la symbiose avec les bactéries du genre rhizobium (pour la fixation de l'azote de l'air) exerce un effet synergique sur la croissance des plantes. Un autre point fort en faveur de l'introduction des légumineuses dans nos systèmes de culture ! L'absorption de l'eau est la deuxième fonction mise

en avant pour les mycorhizes. L'augmentation de la surface d'absorption des éléments minéraux conduisant aussi à celle de l'eau. De ce fait, les plantes mycorhizées ont cet autre avantage de beaucoup mieux résister à la sécheresse (en tout cas, plus longtemps). La moindre source d'eau dans les plus petits interstices du sol ne peut pas échapper au très fin réseau de mycélium. Des études scientifiques révèlent même qu'un signal chimique du champignon peut aller jusqu'à provoquer la fermeture des stomates au niveau des feuilles de la plante ; ceci afin de prévenir d'un dessèchement irréversible. La nature est incroyable...

Concernant l'activité hormonale, on a pu constater que chez les champignons arbusculaires, une hormone (l'acide jasmonique), ainsi que l'éthylène, intervenait dans le processus de colonisation des racines et entraînait des modifications biochimiques dans toutes les parties du végétal. Ces modifications hormonales interviendraient dans les mécanismes qui contrôlent le degré de colonisation de la plante en dopant, en quelque sorte, la croissance de la plante. Ce contrôle maintiendrait alors un équilibre de croissance entre le champignon et la plante hôte.

Le mycélium des champignons mycorhiziens n'agit pas seulement sur les végétaux. Il a également des effets physiques non négligeables sur le sol. Le réseau de mycélium constitue ainsi une structure dynamique qui progresse dans le sol à raison de quelques millimètres par jour (ce qui, à cette échelle, est considérable). Ce réseau, en perpétuelle croissance, se renouvelle continuellement. On estime que la durée de vie moyenne du mycélium mycorhizien est d'une semaine.

À partir du moment où les réserves nutritives d'un secteur sont devenues trop faibles, le champignon a tout simplement la capacité d'en abandonner sa colonisation. La partie interne du mycélium (le cytoplasme) migre alors

vers le mycélium toujours en croissance, ne laissant qu'une coque vide (la paroi externe du mycélium). À ce propos, le mycélium mort contribue au stock de matières organiques du sol et constitue, à l'instar des racines en fin de vie, un liant physique participant à l'agrégation dans les sols. Sans oublier leurs actions respectives sur la porosité...

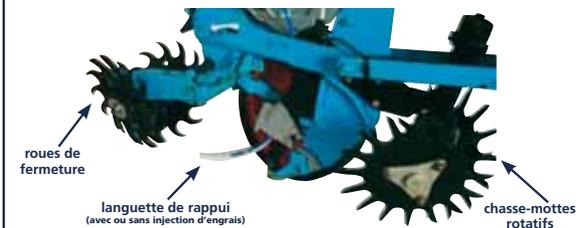
La structurante glomaline

Mais le champignon possède aussi la propriété de sécréter une protéine, la glomaline. Celle-ci contribue directement au renouvellement du stock de matières organiques du sol car elle se décompose difficilement et s'accumule, formant une partie de l'humus. Des études estiment même que cette proportion représenterait le tiers du carbone séquestré dans les sols de la planète. Ce qui est absolument considérable !

D'autres expérimentations ont aussi montré qu'en semis direct la teneur en glomaline était deux fois plus élevée qu'en système avec labour. Seules les prairies affichent des taux supérieurs. Concrètement parlant, la glomaline est une glycoprotéine qui a un rôle fondamental dans la stabilité structurale. Elle agit à la façon d'une colle qui assemble les particules les plus fines pour en faire des agrégats stables. Ainsi, de part ces propriétés, le réseau de mycélium mycorhizien contribue physiquement, chimiquement et biologiquement à la formation et à la stabilisation des agrégats du sol, ainsi qu'au maintien d'un pool de matières organiques, elles-mêmes facteurs de plus grande stabilité structurale.

On a parlé, dans les différentes actions de la mycorhization, de la protection des plantes contre des organismes phytopathogènes. Dans leur écosystème, qu'il soit naturel ou remanié et travaillé par l'homme, les plantes n'ont pas que des relations positives avec les autres organismes vivants. Elles sont aussi l'objet d'agressions continues par des bactéries, champignons, nématodes

Maîtrise de vos conditions de semis



Disponible pour semoirs monograines et céréales

AGRIPROGRESS S.A.R.L.

TEL : 06.11.15.01.38

FAX : 05 57 24 44 22
agriprogress@orange.fr



02 51 81 56 61 & 06 70 32 60 70
44390 SAFFRE - gregoireagri@free.fr

Les sols et leur potentiel mycorhizogène

Les sols naturels 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 culturelles ont une influence sur les mycorhizes. 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. Parfois même, en cas d'intensification des pratiques (labour, travaux répétés du sol, monoculture, apports importants d'intrants type engrais phosphatés et certaines catégories de fongicides), les mycorhizes deviennent complètement insuffisantes. Dans le précédent dossier de TCS (n° 56 de janvier/février 2010), nous avons évoqué les mesures que vous pouviez prendre dans vos parcelles. Compte tenu de l'importance des mycorhizes sur la production, il serait bon de pouvoir mesurer, facilement, le potentiel mycorhizogène d'un sol. Or, aujourd'hui, de telles mesures simples n'existent pas encore. Pour autant, en agriculture de conservation, à partir du moment où le sol est peu perturbé, couvert en permanence et qu'on y introduit une bonne diversité de plantes, avec le minimum de périodes sans vie, on peut raisonnablement penser que le potentiel mycorhizogène est retrouvé et entretenu à son optimum.



© WALBORN/PHILIPPE IMAGE

et insectes phytophages ou phytopathogènes. Les champignons mycorhiziens sont aussi capables de protéger la racine contre certaines de ces 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 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 selon un autre mécanisme, lié aux modifications des activités physiologiques de la racine. Ainsi, une plante agressée par un organisme pathogène produit des antibiotiques à son contact. Le champignon mycorhizien est lui-même ca-

pable de déclencher cette réaction chez la plante, tout en demeurant, de son côté, insensible à ces antibiotiques. 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. Comme nous l'avons indiqué plus haut, 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



Un grand oui aux T.C.S. !

>> **Ultra polyvalent**, l'Easydrill de SULKY est un nouveau champion des T.C.S. : semis direct, semis sous couvert végétal, semis sur préparations superficielles voire sur labour... Il rassure fortement par son aptitude à **semier** à très grande vitesse.

>> **Pénétrant sans bouleverser la structure du lit de semences**, l'Easydrill dispose d'une roue de jauge FARMFLEX® à l'avant pour maîtriser la profondeur, d'un disque crénelé de grand diamètre avec sa **rasette semeuse intégrée pour bien placer les graines** et d'un rouleau plombé biseauté en fonte pour refermer le sillon.

>> **Spécialiste du semis** et marque-pionnière en TCS, SULKY a la réputation de suivre chaque utilisateur ; mise en route, documentation, réunions autour du responsable agronomique SULKY : tout est fait pour **concilier performances économiques et amélioration de votre capital-sol**.



Nouveau : option **FERTISEM** pour fertiliser au semis.

SULKY

www.sulky-burel.com

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 ces mêmes collemboles sont aussi concernés et notamment par le niveau et la nature des composés émis, à l'origine, par la racine.

Quand les relations se complexifient encore...

Plus les chercheurs avancent dans la connaissance des relations racines-sol, plus ils se rendent compte que les nématodes sont aussi des acteurs importants. Par exemple, les plantes ne restent jamais passives face à une attaque de nématodes phytophages sur leurs racines. Elles mettent en place toute une batterie de défenses dès la détection de l'intrusion. Ainsi, dès qu'un nématode plante son stylet dans ses tissus (le stylet est l'organe permettant au nématode de pénétrer les tissus de la racine et venir pomper la sève), la plante émet tout de suite des molécules spécifiques destinées à détruire les enzymes injectées par l'intrus. L'attaque des nématodes entraîne également une augmentation de la production d'exsudats racinaires. Les micro-organismes ne sont pas très mobiles dans le sol. La faune du sol peut alors faire aussi office de transport. Les nématodes, petits vers très mobiles, jouent un rôle important à ce niveau. Lorsqu'ils ingèrent des bactéries, toutes ne sont pas éliminées par le passage dans le tube digestif de l'invertébré. 30 à 60 % d'entre elles sont encore viables et peuvent donc coloniser un autre secteur. Des champignons peu-

vent aussi bénéficier de ce transport gratuit en voyageant sur la cuticule des nématodes. Les racines des légumineuses sont même capables de « recruter » des nématodes qui vont transporter vers elles les rhizobium ! Le métré n'a qu'à bien se tenir !

Les relations entre les racines et les larves d'insectes ravageurs sont toutes aussi complexes. Ainsi, les racines sont capables, par l'émission de signaux spécifiques, d'attirer l'attention d'organismes prédateurs ou pathogènes de ses ravageurs. La maxime « *L'ennemi de mon ennemi est mon ami* » semble ainsi particulièrement bien fondée...

Ces réactions ont été observées sur des plantes très différentes les unes des autres, signifiant que ce mécanisme est un moyen de défense général dans le monde végétal. Ainsi, lorsqu'une racine est attaquée par des larves d'insecte, elle émet un composé volatil spécifique, le beta-caryophyllène, chargé d'attirer les nématodes pathogènes de ces larves (nématode du genre *Heterorhabditis*). Ces nématodes forment, par ailleurs, une symbiose avec une bactérie du genre *Photorhabdus*, laquelle est chargée de tuer la larve d'insecte et de préserver le corps de celle-ci d'autres intrusions (saprophytes, nématodes bactéricivores ou autres insectes). En retour, la bactérie utilise le nématode hôte pour se répartir plus rapidement et plus facilement ailleurs et pouvoir vivre en dehors de l'insecte. Ainsi, les racines sont capables, à l'instar des feuilles, de sécréter des composés volatils spécifiques, reconnus par des organismes pathogènes ou prédateurs de leurs propres agresseurs. Mais la complexité des interrelations va encore au-delà.

Il a été récemment observé que ces interactions sous la surface du sol affectaient également les relations intervenant au-dessus de la surface. Deux chercheurs, Rasmann et Turlings (2007) ont ainsi exposé de jeunes plants de maïs soit à des larves de l'insecte *Diabrotica virgifera* attaquant les racines, soit à des larves d'un autre

insecte (*Spodoptera littoralis*), plutôt spécialiste des feuilles, soit aux deux à la fois. Ils ont exposé le maïs et les insectes aux prédateurs respectifs de ces derniers : une micro-guêpe du nom de *Cotesia marginiventris* et le nématode entomopathogène *H. megidis*. Ils ont observé que ces deux prédateurs étaient fortement attirés quand leur insecte respectif avait attaqué la plante mais que cette attirance était, au contraire, considérablement réduite lorsque les deux « insectes-proie » agressaient simultanément la plante. Ainsi, lorsqu'elle est attaquée, la plante émet des composés volatils qui attirent le prédateur de son agresseur. Mais s'il y a une attaque à la fois au niveau de ses racines et de ses feuilles, alors l'émission de composés volatils par les racines est réduite. La micro-guêpe est capable de percevoir ce changement qui lui indique que la plante est déjà affaiblie par une agression au niveau de ses racines. La micro-guêpe passe alors son chemin.

Cela a également été démontré lors d'une autre expérience sur des plants de moutarde. Ainsi, l'attaque des racines par la larve de l'insecte *Dela radicum* affectait le comportement de la guêpe parasitoïde *Cotesia glomerata* des larves du papillon *Pieris brassicae*. Les racines exposées aux attaques des larves de *D. radicum* émettaient de fortes concentrations

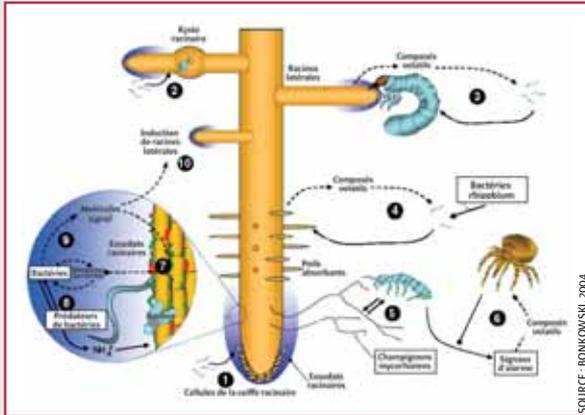
de composés volatils soufrés, connus pour leur toxicité sur les insectes, combiné avec de bas niveaux d'autres composés, connus comme attirant les insectes herbivores. Ainsi les femelles de la micro-guêpe recherchent-elles, de préférence, des plantes non attaquées au niveau de leurs racines. Elles recherchent, naturellement, des plantes performantes pour assurer leur descendance. D'autres analyses ont montré que les agresseurs de racines induisent toujours de fortes réponses chimiques aussi bien dans les racines que dans les bourgeons alors que les agresseurs de feuilles n'influencent que la partie aérienne. Ainsi, bien que fixes, les plantes sont loin d'être passives et ne subissent pas autant qu'on pourrait le penser le milieu dans lequel elles se développent. Au contraire, étant la principale source d'énergie via la photosynthèse, elles pilotent littéralement et conditionnent une grande partie de l'activité biologique du sol (et parfois celle de la surface) afin de se nourrir mais aussi de se protéger des agressions. Ces fonctions seront d'autant mieux remplies et les réponses et réactions d'autant plus rapides que le sol est lui-même un milieu vivant et diversifié.

Les vers de terre aussi...

Mais qu'en est-il de nos vers de terre ? Ils sont un peu le tube



« L'ennemi de mon ennemi est mon ami »



Ce schéma résume à lui seul ce qui est connu en termes de relations entre les racines, les micro-organismes et la faune de la rhizosphère. Même s'il reste encore beaucoup à découvrir, il dévoile encore un peu plus la complexité des interrelations entre le monde végétal, via ses racines, et le monde vivant présent sous la surface du sol. La racine n'est vraiment pas un tube inerte d'assimilation passive de nourriture dans la solution du sol.

1. Certains nématodes localisent les racines par les composés spécifiques qu'elles émettent. Les cellules de la coiffe (extrémité de la racine) sont aussi capables de détourner les agresseurs de leur cible (la coiffe est une zone très vulnérable) jusqu'au moment où celle-ci acquiert plus de résistance.
- 2 - Une fois qu'ils ont repéré la racine, les nématodes émettent un large éventail d'enzymes et de molécules « signal », destinées de manière très spécifique, à affaiblir les défenses de l'hôte (le végétal) et d'en modifier ses tissus. Ils fabriquent ainsi leur zone d'alimentation privilégiée sur la racine.
3. Sous l'effet d'une attaque d'une larve d'insecte, les racines émettent des composés volatils spécifiques attirant des nématodes entomophages (prédateurs d'insectes), afin de tuer la larve.
4. Les racines de légumineuses émettent des composés volatils recrutant des nématodes autres (prédateurs de bactéries) pour le transport des bactéries du genre rhizobium, symbiotiques (fixation de l'azote de l'air). De cette façon, la racine « commande » sa propre inoculation !
5. Les organismes consommateurs de mycélium de champignon jouent un rôle important dans le maintien d'un certain équilibre entre les populations de champignons mycorhiziens et les champignons saprophytes (décomposeurs de matières organiques).
6. Certains prédateurs invertébrés sont attirés par les composés volatils émis par certains champignons « broutés » par des collembolles ; eux-mêmes proie de ces prédateurs. Blessés, les collembolles émettent aussi des signaux d'alarme destinés à avertir leurs propres congénères de la présence des prédateurs.
7. Les racines interfèrent avec les communications bactériennes en étant capables d'émettre, à leur profit, des composés similaires à ceux utilisés par les bactéries entre elles.
8. Les organismes bactériovores (prédateurs de bactéries), comme les amibes ou des nématodes, régulent les populations de bactéries de la rhizosphère. Ils influencent la production de métabolites bactériens et libèrent de l'azote potentiellement assimilable par les racines.
9. Certaines bactéries sont résistantes aux bactériovores. Elles profitent alors de l'effet des bactériovores sur les populations non résistantes pour proliférer et stimuler la production d'exsudats chez la racine.
10. Quand les bactéries sont prédatées, il y a modification de l'équilibre bactérien de la rhizosphère, stimulant la production de racines latérales, relançant ainsi les niveaux 8 et 9 décrits précédemment.

digestif du sol. Ils sont aussi responsables de son architecture, en creusant des galeries, à l'instar des racines. Mais ont-ils d'autres fonctions ? Leur action va, effectivement, au-delà de la décomposition des matières organiques et de la formation des galeries. Par exemple, il apparaît que les composés humiques relançés par les lombrics présenteraient aussi des composés hormonaux, pouvant agir sur les racines. Des études récentes (2003) montrent que les vers de terre peuvent induire de subtils changements déterminant la prédisposition des plantes aux attaques d'herbivores du sol. Bouil et al (2005) ont trouvé que la présence des vers de terre augmentait fortement la tolérance des racines de riz vis-à-vis des nématodes phytophages. Bien que les vers n'aient pas d'incidence directe sur ces populations, l'action négative des nématodes sur la biomasse racinaire et la photosynthèse du riz disparaissent en présence des vers de terre.

Les lombrics sont capables de déclencher des réactions de défense du riz face aux nématodes phytophages. D'autres études réalisées en 2003 sur le ray-grass anglais, le plantain lancéolé et le trèfle blanc montrent que l'activité des vers de terre augmente la mobilisation de l'azote à partir de la litière et à partir du sol, favorisant l'augmentation de la biomasse racinaire et aérienne. Cet impact diffère toutefois entre plantes. Mais cet effet va encore plus loin puisqu'il est aussi suggéré que la production de composés de défense de la plante pourrait être indirectement favorisée par cette plus grande mobilisation de l'azote, résultat de l'activité des vers de terre. Les racines ne communiquent donc pas seulement avec les micro-organismes mais aussi avec la macrofaune du sol qui elle-même, peut communiquer avec les racines. Même les relations alimentaires végétal-herbivore les plus banales ne sont pas aussi simples que cela...

Carbure en direct
+ de 500 références EN STOCK pour tous matériels du sol

Agri France Carbure
Les pièces d'usure qui durent
LA RÉFÉRENCE QUALITÉ PRIX

Vos conseillers :
Francis et Mathieu
05 49 63 63 63
Fax 05 49 63 63 64
ZA Auralis - La Maucarrière
79600 Tessonnière
Nouveau site internet
www.agrifrancecarbure.fr
afc@agrifrancecarbure.fr

Documentation gratuite sur simple demande

Chassis repliable pour semoir maïs John Deere

PAUL HOFFER
F 68130 Allkirch
Tel. : 06 08 99 41 12 / Fax : 03 89 08 80 81

L'agriculture écologiquement intensive ou l'art de rendre un sol vivant et fertile

L'agriculture a longtemps considéré le sol (et le considère encore souvent) comme un simple support de végétation et un réservoir de nourriture. Ce dossier le montre et insiste : le sol est bien plus que cela. Il est le lieu d'une intense activité biologique et le témoin privilégié d'équilibres et d'interrelations entre les végétaux, via leurs racines, et les organismes vivants du sol. Il est donc bien dommage de s'affranchir de cette aide naturelle et gratuite. Nous savons que certaines pratiques agricoles sont plus néfastes que d'autres et, de plus en plus, nous avons les moyens de les orienter vers une meilleure préservation et un développement de cette « fertilité » naturelle.

- Il paraît évident que le **travail du sol** est un élément très perturbateur (et minéralisateur) des activités souterraines. Si on a beaucoup parlé des vers de terre ou autres « gros » acteurs comme fortement impactés par le travail mécanique, l'activité fine du sol l'est certainement tout autant. Si, en TCS, un pas important a été réalisé par la minimisation de l'impact mécanique mais aussi par l'organisation d'un profil avec une litière organique plus en surface, le semis direct est néanmoins, à ce niveau, le meilleur moyen de ne rien perturber.

- Nous l'avons vu dans ce dossier : tout part des racines. Ce sont elles qui, au démarrage, attirent la vie du sol, créent la rhizosphère et tous les équilibres qui en découlent. Dans la démarche de non-labour, on a aussi eu trop tendance à raison-

ner « résidus » pour protéger et nourrir le sol et ses habitants. On se rend compte, là aussi, que cette vision était trop réductrice. Si les mulchs sont importants, il ne faut pas oublier qu'un sol n'est vivant qu'à partir du moment où se développe, à sa surface, une **végétation diversifiée et surtout, vivante**. Il faut donc minimiser les périodes sans végétation, même avec mulch. Il faut introduire des systèmes racinaires variés, via la **diversification et les mélanges d'espèces végétales, dans le temps comme dans l'espace, en couvert végétal comme en culture**. Nous insistons : seule une végétation vivante en surface est garante d'un sol vivant.

- Ensuite, on ne le répètera jamais assez mais les **légumineuses** sont essentielles dans l'agrosystème. Outre le bénéfice apporté par la fixation symbiotique de l'azote de l'air, on sait aussi qu'elles sont riches en mycorrhizées. Elles sont de véritables dopeurs de la vie biologique des sols, au vu de l'énergie qu'elles injectent dans le système. Il y a donc trop à y gagner pour les laisser de côté.

- Certaines cultures n'entretiennent pas le potentiel mycorrhizogène d'un sol car elles sont tout simplement dépourvues de mycorrhizes. C'est le cas du colza ou de la betterave. Il est donc assez logique de ne pas en abuser. Pour autant, il ne faut pas les exclure car, si elles ne sont pas mycorrhizées, elles ont néanmoins d'autres atouts comme, pour le colza, l'assimilation du soufre. Elles attirent et développent leur propre cortège microbien.

Tout est comme toujours, une question de dosage... La technique qui consiste à **accompagner le colza par une ou plusieurs autres plantes** (notamment des légumineuses) va forcément, aussi, dans le bon sens.

- Les apports de **matières organiques externes** (compost, effluents d'élevage) sont également bénéfiques car ils sont source de matières organiques favorables à l'activité des chaînes alimentaires du sol. Toutefois, ils ne font pas tout car ils ne contribuent pas à l'ensemble des activités vivantes du sol, seulement à une petite partie du système.

Quid des autres apports style « activateurs » de la vie du sol ? Certaines situations le nécessitent peut-être mais avant d'ajouter un nouvel acteur dans un système éminemment complexe, ne vaut-il pas mieux, avant tout, développer des pratiques favorables à la vie du sol, telles que celles décrites précédemment ? C'est-à-dire, toutes les approches qui font partie de l'AC : rotation, couverts, minimisation voire suppression du travail du sol, etc.

- Enfin, les **intrants classiques** type insecticides, fongicides et même herbicides, si on ne peut s'en affranchir complètement, sont bien entendu à **limiter le plus possible**. Ils ne sont pas sans incidences sur le végétal et les équilibres biologiques du sol. Les engrais, surtout solubles, perturbent aussi une partie de l'activité biologique. Un sol « trop fertilisé » peut rendre le travail bénéfique des micro-organismes rhizosphériques moins

efficace. Pourquoi se fatiguer et dépenser si les éléments sont déjà disponibles ? Il vaut mieux laisser faire la nature. Même si l'impact est moins visible et moins rapide, il sera certainement plus qualitatif.

Nous espérons donc que ce dossier vous aura permis de mieux comprendre ce qui se passe sous vos pieds, dans vos parcelles. Un ver de terre n'est pas là seulement pour creuser des galeries et décomposer les matières organiques. Une racine n'est pas là seulement pour ancrer le végétal ou absorber, de manière passive, l'eau et les sels minéraux dans la solution du sol. Même si tout n'est pas encore connu, s'il y a une chose à retenir, c'est la formidable complexité et la logique écologique de ce monde souterrain.

N'oubliez pas que vous pilotez du vivant. Il faut le protéger, le préserver et l'encourager. La principale clé d'entrée, c'est le végétal. C'est lui qui introduit l'énergie et le carbone dans le système. Même si le milieu est éminemment complexe, l'objectif global de l'agriculteur reste simple : produire et recycler un maximum de matière végétale vivante et diversifiée, avec le minimum de périodes de rupture et de perturbations physiques et chimiques. Avec l'agriculture de conservation, nous sommes dans la bonne direction. Il faut simplement intensifier.

Cécile WALIGORA, avec la collaboration de Jean-François VIAN, enseignant chercheur, département AGEP (AGrosystèmes-Environnement-Productions) à l'ISARA Lyon



EQUIPEMENTS
ECO-MULCH
POUR L'AGRICULTURE
WWW.ECOMULCH.COM

LE GLYPH-O-MULCH
DESTRUCTION TOTALE DES ADVENTICES

TRAINÉ OU PORTÉ
DE 3.50 À 15 MÈTRES !
IL Y A FORCÉMENT VOTRE
BONHEUR CHEZ ECO-MULCH

Pour plus d'informations, de vidéos ou de photos veuillez nous contacter sur notre site internet ou par téléphone au 02.38.97.01.78 ou au 02.48.61.45.55

AWARDS