

RECHERCHE

Utiliser les micro-organismes du sol, une solution pour l'avenir ?

Les populations microbiennes du sol, incroyablement diverses, pourraient se révéler une source abondante de nouvelles technologies pour une agriculture moins utilisatrice d'intrants chimiques, comme les engrais, et plus productive.

L'idée que le sol n'est pas un simple support de culture, mais plutôt un milieu vivant, riche de millions de micro-organismes potentiellement utiles pour les cultures, s'impose de plus en plus à toute la profession agricole. La nécessité d'un retour à l'agronomie et l'arrivée de nouvelles techniques (métagénomique, métabolomique...) ont permis l'avancée des connaissances sur les bactéries et les champignons microscopiques du sol au cours de ces dernières années. Certains de ces micro-organismes présents dans la rhizosphère se révèlent de puissants alliés des plantes. La symbiose entre les rhizobiums et les légumineuses, qui permet à ces dernières d'utiliser l'azote de l'air, est connue et exploitée depuis longtemps. Mais bien d'autres symbioses ou relations entre les plantes et les champignons, ou les bactéries du sol, existent. Elles peuvent

Certains des micro-organismes présents dans la rhizosphère se révèlent de puissants alliés des plantes.

aider les plantes à mieux utiliser les éléments nutritifs et l'eau contenue dans le sol ou à mieux résister aux stress abiotiques - sécheresse, froid, salinité - et à certains stress biotiques.

Aujourd'hui, dans le monde entier, des équipes travaillent activement pour mieux comprendre les mécanismes qui entrent en jeu entre les plantes et ces micro-organismes du sol, et pour essayer



Après la sélection des souches au laboratoire, le verdict de l'expérimentation au champ.

de les exploiter afin de permettre aux cultures d'en tirer le meilleur bénéfice possible. Quelques exemples de travaux récents illustrent le dynamisme de la recherche et du développement dans ce secteur prometteur.

Des avancées en recherche pour des perspectives nouvelles

Un groupe de scientifiques français (de l'Inra de Versailles-Grignon), allemands, espagnols et japonais ont mis en évidence la présence asymptomatique d'un champignon microscopique *Colletotrichum tofieldiae* dans certaines populations naturelles d'*Arabidopsis thaliana* qui, comme toutes les brassicacées, ont perdu la capacité à établir des relations mycorhiziennes. Le champignon colonise d'abord les racines, puis se diffuse dans la plante en croissance

sans causer de symptômes visibles, alors qu'il appartient à un groupe de champignons phytopathogènes. Ensuite, les chercheurs ont observé que la présence de *C. tofieldiae* favorisait la croissance et la fertilité d'*A. thaliana* dans les sols carencés en phosphore. En fait, le champignon convertit le phosphore insoluble en phosphore soluble, qui est transporté vers les cellules de la plante hôte via un mécanisme mettant en jeu plusieurs transporteurs végétaux.

La plante contrôle l'ensemble en faisant intervenir d'une part, un système de régulation du métabolisme du phosphore en conditions de carence, dit PSR (phosphate starvation response), et d'autre part, une branche de son système immunitaire actif dans la synthèse des glucosinolates. Le système PSR permet à la plante d'apprécier la disponibilité

en phosphore du milieu et agit dans la promotion de la croissance végétale par le champignon et dans le contrôle de la colonisation de la plante par celui-ci. En l'absence de glucosinolates, *C. tofieldiae* serait pathogène pour *A. thaliana*. Pour la plante, le bénéfice de l'association est déterminé par les conditions environnementales. Selon ces travaux, dans des sols pauvres en phosphore, la colonisation des racines par *C. tofieldiae* compense l'absence de symbioses classiques chez les brassicacées.

Au Québec, une équipe de chercheurs a mis en évidence une triple association entre les plantes, un champignon mycorrhizien et une bactérie du sol capable de solubiliser le phosphate directement à partir de la roche phosphatée. Comme dans toute symbiose mycorrhizienne, le champignon, grâce au développement de ses hyphes, aide la plante à exploiter un plus vaste volume de sol pour puiser les éléments nutritifs dont elle a besoin, et la plante fournit en retour au champignon les sucres qu'il est incapable de synthétiser. Mais seul le phosphore contenu dans la solution du sol est ainsi accessible. Dans l'association étudiée, les bactéries agglomérées autour des hyphes produisent des acides organiques qui

que les superphosphates. Dans le deuxième cas, on en limite les apports, ce qui économise la réserve de minerais dont les gisements ne sont pas inépuisables.

Des investissements en R&D, mais aussi en expérimentation

De grands groupes de l'agrofourniture s'intéressent également au sujet. C'est notamment le cas de Monsanto et Novozymes, via la plateforme de collaboration The BioAg Alliance dédiée à la recherche, au développement et à la mise sur le marché de produits durables à base de micro-organismes, qu'ils ont créée en 2013. The BioAg Alliance a conduit, en 2015, un des plus vastes programmes mondiaux d'expérimentation au champ jamais réalisés, pour tester des souches de bactéries et de champignons isolés à partir de différents sols agricoles américains. Deux types de produits sont recherchés : ceux à effet biostimulants et ceux à effet de biocontrôle. Plus de 2 000 souches jugées intéressantes au laboratoire ont été testées sur près de 500 000 micro-parcelles d'essais réparties en 50 lieux, aux sols et climats variés, du centre des Etats-Unis, de la Louisiane au Minnesota.

Après analyses des résultats, quelques souches sont sorties du lot avec des pro-

de 25 millions d'ha recevant des produits de The BioAg Alliance aujourd'hui, à plus de 100 millions en 2025.

Apprendre à les connaître et à bien les utiliser

De nombreux produits, en particulier des biostimulants des plantes et du sol à base de micro-organismes, sont déjà disponibles sur le marché et beaucoup d'autres les rejoindront, sans nul doute, dans les années à venir. Ils répondent aux attentes des agriculteurs, comme de la société, en faveur d'une agriculture durable respectueuse de la vie du sol et, plus globalement, de l'environnement. Mais pour que ces solutions innovantes se développent, il va falloir apprendre à les utiliser correctement, afin de leur permettre d'exprimer pleinement leur efficacité. Cela passera par de meilleures connaissances de leurs modes d'actions, de leurs effets, ainsi que de la façon dont il faut raisonner et réaliser les apports.

S. B.

Plus de 2 000 souches ont été testées sur 500 000 micro-parcelles au centre des Etats-Unis.

solubilisent le phosphore minéral et le rendent ainsi assimilable par le champignon, qui lui-même le rendra disponible pour la plante. Les premiers résultats sur maïs en serre avec l'apport d'une roche phosphatée simplement broyée, l'apatite, sont très encourageants. S'ils se confirment aux champs, cela permettra d'envisager deux possibilités : l'apport direct de roche phosphatée comme l'apatite pour fertiliser ou bien une meilleure utilisation du phosphore déjà présent dans le sol par les plantes. Dans le premier cas, on évite l'étape très polluante et énergivore de la synthèse chimique des engrais phosphatés, tels

messes de gain de rendement moyen de 2,5 à 3 q/ha en maïs et 1 q/ha en soja. The BioAg Alliance annonce d'ailleurs vouloir mettre sur le marché américain, dès 2017, un produit destiné au maïs qui permettrait une augmentation du rendement de l'ordre de 3 q/ha. En 2016, les expérimentations aux champs vont se poursuivre avec le test de milliers de nouvelles souches. Les dirigeants de Monsanto et Novozymes croient beaucoup à l'utilisation des micro-organismes du sol, notamment dans celui des symbioses mycorrhiziennes, pour aider l'agriculture à produire plus, de façon durable. L'objectif ambitieux annoncé est de passer

L'INFO EN +

LE SOL, UN MILIEU VIVANT

La biodiversité microbienne du sol est incroyable. Dans une poignée de terre, on trouve 500 à 1 000 espèces de champignons et 50 km de filaments, et 10 000 espèces de bactéries pour 10¹¹ individus.

La biomasse microbienne représente 3,5 t/ha de champignons et 1,5 t/ha de bactéries.