

La révolution des sols

Auteur de *Jamais seul*, passionnante plongée dans l'univers des « microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations », Marc-André Selosse est professeur au Muséum national d'histoire naturelle et à l'université de Gdansk. Spécialiste reconnu des symbioses, il nous emmène avec lui en voyage dans le monde des sols. Un monde grouillant de vie !



Marc-André Selosse, vit-on une révolution du sol ?

Ce que j'observe en tant qu'universitaire, c'est un prodigieux changement depuis les années 80. Avant, le sol était considéré comme un substrat que l'on remplissait comme une éponge avec des intrants. Maintenant, on considère que le sol est vivant, on étudie la vie microbienne qui l'habite. Le nombre de publications explose. C'est une révolution conceptuelle. Le passionnant *Atlas des bactéries du sol*, coordonné par Lionel Ranjard de l'Inra (Institut national de la recherche agronomique), qui vient de sortir, aurait été considéré comme une vaste blague dans les années 80.

Vous parlez d'un sol qui rend des services écosystémiques ?

C'est l'écosystème sol qui permet la plante. Parlons d'abord des mycorhizes. Une mycorhize, c'est un champignon qui s'associe à une racine de plante : la racine est pénétrée par le champignon, qui reçoit du sucre et, en échange, donne ce qu'il a collecté dans le sol. C'est de la sous-traitance : globalement, le sol est très pauvre et, pour la plante, cela coûte moins cher de fonctionner grâce aux hyphes, ces filaments souterrains du champignon, plutôt que de produire des racines. 90 % des plantes dépendent de ce mécanisme. L'alimentation végétale, c'est une

histoire de champignons, qui dure depuis au moins 400 millions d'années. L'agriculture conventionnelle a court-circuité ce fonctionnement : l'engrais, c'est comme donner aux gens une poche de glucose en intraveineuse. Inutile de préciser que le mycélium n'aime ni le labour, ni les intrants.

On reviendra sur les mycorhizes. Mais elles ne sont pas seules : vous écrivez dans *Jamais seul* qu'une cuillerée à café de sol contient des millions de bactéries. À quoi servent-elles ?

Oui, nous sommes témoins d'une sorte d'auberge espagnole où chacun apporte ce qu'il possède : la plante, sa capacité à synthétiser des molécules carbonées par la photosynthèse, les champignons ses hyphes qui permettent d'exploiter plus largement le sol. Quant aux bactéries, leurs rôles sont multiples. Pour commencer, certaines transforment l'azote de l'air en protéines. Dans les légumineuses, comme la luzerne, ce sont elles qui sont à l'œuvre. Les nodosités – ces petits renflements d'un blanc rosé sur leurs racines – abritent des centaines de millions de bactéries qui ont le pouvoir d'utiliser l'azote gazeux pour fabriquer leurs acides aminés, et donc les protéines. Cet azote entre ensuite dans la matière organique du sol, où il sera transformé par d'autres bactéries en ammonium, en nitrate... D'autre part,



les bactéries aident à dissoudre la roche-mère, matrice du sol : cette dernière est couverte de bactéries qui accélèrent la dissolution de ses composants. La vitesse d'altération de la roche est une histoire de microbes. Les bactéries ne sont pas très mobiles, et ce sont les hyphes qui vont transporter les nutriments dissous. Bactéries et champignons travaillent donc de façon complémentaire pour la plante.

Mais les bactéries ont également un impact sur la santé des plantes, non ?

Absolument. Pour expliquer cela, il faut revenir à la rhizosphère, cette portion de sol affectée par la présence des racines. C'est un manchon en quelque sorte, qui mesure entre quelques microns et quelques millimètres, autour des racines et des radicelles. La racine amène de la nourriture sous forme d'exsudat ou de parties mortes aux bactéries et champignons situés dans cette rhizosphère. On compte plus de 100 à 1000 millions de bactéries par gramme de sol rhizosphérique, un véritable attroupement ! Pour ces organismes, la santé de la plante est fondamentale : c'est leur garde-manger, donc ils la protègent. Par exemple, lorsqu'on cultive du blé au même endroit plusieurs années, se développe un champignon pathogène, le piétin-échaudage. Mais si l'on persiste, les symptômes disparaissent :

une bactérie qui vit sur des racines vivantes a mené une guerre chimique contre le champignon, pour défendre ses ressources. Ça, c'est une défense directe. Mais il y a aussi une action plus globale, qui améliore l'immunité de la plante : des messages émis par les micro-organismes affinent le développement du système immunitaire et la plante est plus réactive aux signaux d'alerte. Lorsqu'on donne des engrais minéraux à une plante, non seulement elle ne s'associe plus aux champignons, mais elle perd cette stimulation immunitaire. Un constat à extrapoler aux humains et qui laisse songeur quant à la chasse systématique aux microbes que nous menons depuis des décennies. À trucider tous les microbes, on tue les bons comme les mauvais. Il y a beaucoup à dire sur l'importance des bactéries pour la santé humaine, et sur l'absurdité de la surutilisation des gels hydro-alcooliques.

Peter Wohlleben, dans *La vie secrète des arbres*, a beaucoup parlé des échanges entre les arbres via les réseaux mycorrhiziens. Est-ce avéré ?

Effectivement, nos travaux et d'autres montrent que des plantes voisines peuvent échanger de la

—
Loin d'être un simple substrat, le sol regorge de vie : sur la photo de gauche, un myriapode décompose la matière tandis que les hyphes des champignons (filaments blancs les plus fins, également visibles en gros plan à droite) permettent à la plante d'aller plus loin sous terre pour trouver les éléments nutritifs qui lui sont nécessaires. Car 90 % des plantes s'associent à des champignons, essentiels à leur survie.



—
L'enchevêtrement d'hyphes forme le mycélium, capable de sécréter des enzymes lui permettant de décomposer la matière organique la plus résistante, le bois par exemple. La plupart des mycéliums sont souterrains et donc invisibles. Outre une meilleure alimentation des plantes qui leur sont associées, ils les protègent contre les agents pathogènes.



À LIRE

—
Jamais seul
— Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations
de Marc-André Selosse,
éd. Actes Sud,
368 p., 24,50 €.

matière organique par le biais de champignons mycorhiziens qui les colonisent simultanément. Et lorsque les plantes sont attaquées par les insectes, elles peuvent envoyer des signaux à leurs congénères via les mêmes réseaux. Mais ce n'est pas toujours une coopération : une orchidée forestière, telle la néottie nid-d'oiseau, qui se nourrit du carbone des arbres via les mycorhizes, n'est pas forcément bonne pour les arbres. L'arbre a besoin du champignon, donc il lui "passe ses caprices", en lui permettant de nourrir une compétitrice qui est utile au champignon. Le champignon, de son côté, manipule l'arbre car il en a besoin pour vivre. C'est une constante dans tous les systèmes biologiques : il y a coopération entre les organismes, mais il y a aussi exploitation.

Vous dites qu'il n'y a pas une fonction de la plante où les microbes ne se soient glissés ?

Parfaitement. Outre les fonctions déjà évoquées, les champignons sont également au cœur de l'équilibre hydrique d'une plante. Les hyphes vont plus loin que les racines : elles augmentent donc le bassin de captation de l'eau de la plante. Plus étonnant, les champignons sont capables de réguler à distance l'ouverture des stomates, ces petites ouvertures des feuilles qui régulent la transpiration de la plante, a priori par le biais de modification d'hormones de la plante. Des bactéries de la fleur concourent à la fabrication des odeurs florales, d'autres protègent les feuilles des parasites...

Ces mécanismes restent souvent des boîtes noires : on n'a pas 150 ans de recherche derrière nous, comme sur les engrais et les pesticides.

Dans les services écosystémiques que rendent les sols, il y en a un dont on n'a pas parlé : ce sont de formidables capteurs de CO₂ ?

On a actuellement un grave problème d'érosion des sols. Les sols agricoles conventionnels s'érodent dix fois plus vite qu'ils ne devraient : l'érosion en Beauce est équivalente à celle des Alpes, sur des sols en pente. Dans ces sols, la teneur en matière organique – principalement formée de carbone – est en chute libre. Or cette matière organique est la glu qui lie les particules du sol ensemble et permet de mieux retenir l'eau. Il faut impérativement rendre aux sols leur capacité de stockage du carbone : un taux de croissance annuel de 0,4 % des stocks de carbone du sol, ou 4 ‰ par an, mettrait dans le sol l'équivalent de l'intégralité des émissions de CO₂ dans l'atmosphère dues aux activités humaines. Or l'agriculture conventionnelle fait l'inverse, en particulier le labour qui introduit de l'oxygène dans le sol, et favorise la respiration de la matière organique dans le sol. Il n'y a qu'à regarder la différence de couleur entre un sol forestier et un sol agricole : noir d'un côté, beige clair de l'autre. Quantité de sols ne demandent qu'à être à nouveau nourris de carbone. Pour cela, rien de mieux que le compostage de surface, qui fournit ce carbone, nourrit les microbes et relâche de l'azote et du phosphate à une vitesse compatible avec l'absorption par les mycorhizes.

Ces 4 ‰ seraient une solution dans la lutte contre le changement climatique ?

Contrairement à ce que nos élites pensent, l'écologie n'est pas forcément un problème ! La réforme du lycée, pour les sciences de la vie et de la terre en première et en terminale, éloigne encore plus les nouvelles générations des sciences du vivant. Or l'écologie, et en particulier une meilleure gestion des sols, ce sont des solutions ! ●