

microorganismes pathogènes est en grande partie régulé par trois hormones végétales : l'acide salicylique, l'acide jasmonique et l'éthylène. Ces trois phytohormones, produites seules ou simultanément par les cellules végétales attaquées, activent les mécanismes de défense et signalent au reste de la plante qu'une infection est en cours.

Pour tester ces deux hypothèses, les chercheurs ont comparé les microbiotes de lignées d'arabettes portant des mutations génétiques relatives à la production des trois phytohormones ou des exsudats racinaires avec celui de la lignée sauvage. Cette comparaison a révélé que les microbiotes rhizosphériques des lignées sauvages et mutantes sont très différents, ce qui confirme le rôle des exsudats racinaires déjà mis en évidence sur d'autres plantes.

Ces travaux, menés grâce au séquençage à haut débit, ont en outre mis en évidence pour la première fois que, parmi les phytohormones du système de défense de l'arabette, seul l'acide salicylique joue un rôle notable dans la structuration du microbiote endosphérique.

En résumé, l'arabette sélectionne en partie son microbiote racinaire par l'intermédiaire de son système immunitaire et de la production d'exsudats racinaires ; mais la structuration de son microbiote dépendrait aussi fortement d'autres facteurs extrinsèques, dont elle n'a pas la maîtrise (nature du sol, température, humidité...).

Un rôle dans la floraison

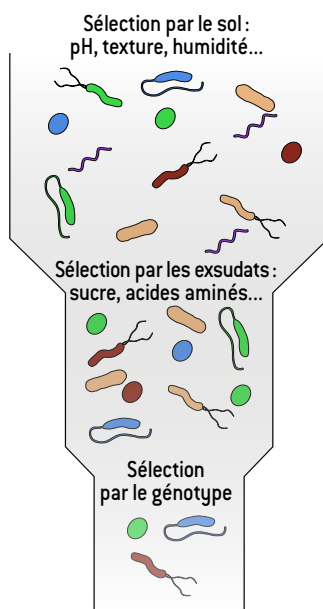
Outre cette avancée dans la compréhension de la structuration du microbiote de l'arabette, des études récentes ont confirmé le rôle des microorganismes dans le développement de la plante, en particulier dans sa floraison. Pour ce faire, des chercheurs de l'université Cornell, aux États-Unis, ont sélectionné des arabettes fleurissant précocement ou au contraire tardivement, et récolté leurs graines pendant plusieurs générations. À chaque génération, le microbiote associé aux racines de ces plantes était collecté puis réinoculé à la génération suivante.

Après dix générations, cette démarche devait conduire les chercheurs à la sélection potentielle de deux microbiotes, l'un accélérant la floraison, l'autre la retardant. Ces deux microbiotes ont ensuite été inoculés à des arabettes « naïves », c'est-à-dire qui

Comment le microbiote rhizosphérique est-il sélectionné ?

La comparaison des microbiotes rhizosphériques de diverses plantes provenant de différents sols a permis de mieux comprendre le processus de sélection. Trois filtres successifs semblent à l'œuvre :

- 1) Les caractéristiques du sol (son pH, sa texture...).**
- 2) Les composés chimiques produits par les racines, ou « rhizodépôts », dont les bactéries et champignons peuvent se nourrir.**
- 3) Un tri se fait finalement en fonction de certaines des caractéristiques génétiques de la plante (son génotype).**



n'avaient pas subi de sélection, et à des choux. Or ces travaux ont mis en évidence que l'on obtient une floraison précoce avec le microbiote issu de la sélection de plantes à floraison précoce ; de même, on constate une floraison retardée quand on réinocule le microbiote issu de la sélection de plantes à floraison tardive.

Même si les mécanismes impliqués dans le processus demeurent inconnus, ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives sur le plan agronomique : ils suggèrent que l'on pourrait moduler des traits végétaux (floraison, résistance à la sécheresse ou aux maladies) à l'aide du microbiote, indépendamment du fond génétique des plantes.

En dehors des aspects agronomiques, le microbiote des plantes joue aussi un rôle important dans les sols pollués par des métaux lourds ou des composés organiques toxiques persistants tels que les hydrocarbures.

Pour pousser sur ces sols, la plupart des plantes acquièrent dans leur rhizosphère un microbiote capable d'immobiliser les métaux ou de biodégrader les polluants organiques, jouant ainsi un rôle de barrière protectrice pour la plante.

Toutefois, certaines plantes, dites hyperaccumulatrices, favorisent un microbiote capable de solubiliser les métaux, ce qui augmente leur absorption dans la plante. Ainsi, l'arabette de Haller (*Arabidopsis halleri*) accumule deux fois plus de cadmium dans un sol natif que dans une terre stérilisée. Ce microbiote spécialisé, pré-adapté et tolérant aux métaux serait même en partie transféré de la plante mère à la descendance, par colonisation des graines.

De la même façon, des microorganismes capables de dégrader les hydrocarbures ont été détectés à la surface des graines de certaines plantes et dans leur rhizosphère. Ils procurent à leur plante hôte un avantage adaptatif pour se développer sur les sols pollués. Ces phénomènes naturels peuvent être mis à profit dans la recherche de bioprocédés de dépollution. La mise au point de telles techniques, combinant les potentiels des plantes et de leur microbiote associé – ce que l'on nomme la phytoremédiation –, est aujourd'hui une priorité, car elles constitueraient une alternative à l'excavation et au traitement chimique des polluants.

Quels enseignements tirer de ces premières recherches sur le microbiote des

plantes? Grâce à ces approches simplificatrices, fondées sur l'emploi d'un sol stérilisé réinoculé avec des microbiotes plus ou moins complexes ainsi que de plantes mutantes, la compréhension des relations complexes entre la plante et son microbiote a beaucoup progressé. Le rôle de ce dernier dans la nutrition, le développement et la santé des plantes est aussi de plus en plus clair: il est essentiel dans l'accès à des réserves de nutriments non accessibles directement aux racines des plantes. Le microbiote module aussi la physiologie et la phénologie – les événements périodiques qui font la vie des plantes: floraison, chute des feuilles, etc.

Une biodiversité microbienne menacée

Le microbiote constitue aussi une première barrière de défense contre les organismes pathogènes et les polluants. Si une partie de ce microbiote semble être modulée dans sa composition et son activité par la plante elle-même, une part significative provient

de l'environnement, et notamment du sol. Les expériences en conditions contrôlées montrent d'ailleurs qu'une plante cultivée en l'absence de tout microorganisme pousse très difficilement et qu'elle est souvent moins résistante aux perturbations environnementales (sécheresse, attaque de pathogènes, pollution).

La biodiversité joue donc un rôle essentiel dans le développement des plantes. Or la forte anthropisation de notre environnement, la sélection des variétés cultivées et l'érosion des sols due à nos pratiques de culture réduisent fortement la diversité microbienne. Dans ce contexte, les plantes vont-elles finir à long terme par ne plus trouver dans le sol les microbiotes dont elles ont besoin?

De nombreuses recherches sur le microbiote des plantes sont encore nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes régulant les interactions plantes-microorganismes. De nouvelles méthodes de culture plus productives et plus respectueuses de l'environnement sont sans aucun doute à la clé. ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Uroz *et al.*, Ecology of the forest microbiome: Highlights of temperate and boreal ecosystems, *Soil Biology and Biochemistry*, sous presse.

M. Jeanbille *et al.*, Soil parameters drive the structure, diversity and metabolic potentials of the bacterial communities across temperate beech forest soil sequences, *Microbial Ecology*, vol. 71, pp. 482-493, 2016.

S. Uroz, Specific impacts of beech and Norway spruce on the structure and diversity of the rhizosphere and soil microbial communities, *Scientific Reports*, vol. 6, article 27756, 2016.

D. Bulgarelli *et al.*, Structure and functions of the bacterial microbiota of plants, *Annual Review of Plant Biology*, vol. 64, pp. 807-838, 2013.

ESPECES D'OURS!

EXPOSITION JUSQU'AU 19 JUIN 2017
AU JARDIN DES PLANTES

GRANDE GALERIE DE L'ÉVOLUTION
36 RUE GEOFFROY SAINT-HILAIRE - PARIS 5°

ESPECESDOURS.FR

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Disney signature

#EspecesDours