



## QUI NOURRIT LES PLANTES ? LES MICROBES !

Aline Lacaze\*, Antoine Zboralski et David L. Joly

Département de Biologie, Université de Moncton, Moncton, NB, Canada

Les plantes tirent leur nourriture du sol dans lequel elles poussent. Mais cette nourriture n'est disponible que grâce à une grande diversité de microbes, notamment des bactéries et des champignons, capables de transformer chimiquement et mécaniquement les matériaux du sol en nutriments. Ces microbes du sol ont reçu beaucoup d'attention de la part des scientifiques du monde entier, car ces organismes pourraient améliorer la production de notre alimentation et pourraient rendre l'agriculture plus durable. Dans cet article, nous explorons certains des principaux mécanismes utilisés par ces microbes pour nourrir les plantes.

### INTRODUCTION

Sous la surface de la Terre vit une formidable diversité de **microbes**, notamment de nombreuses espèces de bactéries et de champignons. Ces organismes varient en forme et en taille, et la plupart d'entre eux ne sont même pas aussi épais qu'un cheveu. Nous ne pouvons pas voir les microbes du sol à l'œil nu, mais ils jouent un rôle fondamental dans nos vies : ils nourrissent les plantes que nous cultivons pour nous nourrir. En d'autres termes, les microbes du sol sont essentiels pour que nous puissions vivre sur cette planète. Ils sont capables d'aider les plantes à pousser, par bien des moyens différents : en décomposant des roches, en recyclant de la matière morte, en établissant des relations de coopération avec les plantes... Voyons comment ces minuscules organismes accomplissent toutes ces tâches.

**MICROBE / MICRO-ORGANISME.** Organisme invisible à l'œil nu. Les microbes comprennent les bactéries, les archées, des eucaryotes microscopiques (algues, champignons, protistes). Certains microbes peuvent nous rendre malades mais la plupart sont bénéfiques.

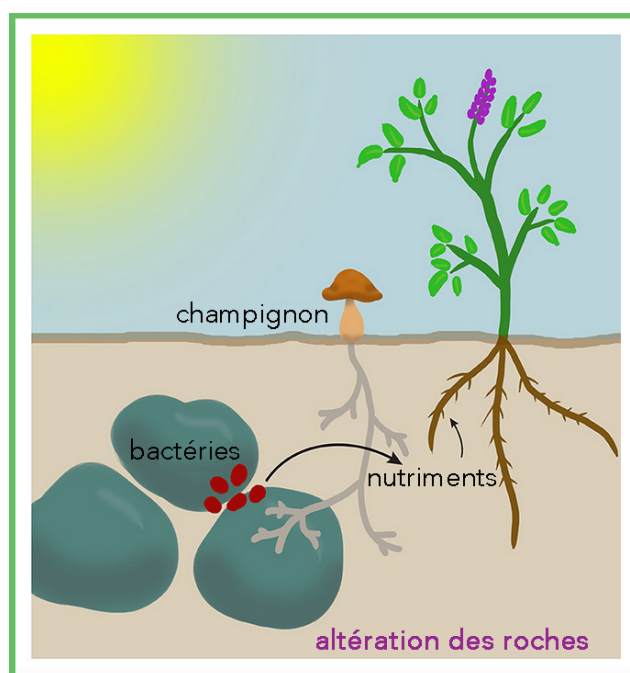
## UN PETIT PENCHANT POUR LES ROCHES

**NUTRIMENTS.** Substances dont un organisme a besoin et qui ne nécessitent pas de transformations digestives.

**ALTÉRATION DES ROCHES.** Dégradation mécanique et chimique des roches.

Les plantes ne peuvent pas vivre directement sur les roches car les **nutriments** qu'elles contiennent ne leur sont pas disponibles. Pour les plantes, ce sont des éléments comme le fer, le potassium, le phosphate et le nitrate qu'elles doivent trouver dans le sol. Ces éléments de base sont nécessaires à leur croissance, tout comme la nourriture que nous mangeons est utilisée pour alimenter notre corps.

Au début de leur évolution, les plantes n'existaient que sous forme d'algues vivant dans les océans. Il y a environ 420 millions d'années, elles ont commencé à s'installer sur la terre [1]. À cette époque, la Terre jusqu'alors principalement rocheuse ne permettait pas aux plantes de pousser. Heureusement, des microbes, déjà présents, avaient la capacité d'obtenir des nutriments à partir des roches, grâce à un processus appelé **altération des roches**. Les microbes ont ainsi rendu les nutriments piégés dans les roches disponibles pour les nouvelles plantes terrestres. Ces plantes ont pu ainsi prospérer sur terre et aider à la formation des sols pour les futures générations de plantes !



**Figure 1.** Les bactéries et les champignons aident à nourrir les plantes en décomposant les roches rendant ainsi les nutriments piégés dans les roches disponibles pour les racines des plantes à proximité. Ce processus est appelé altération de la roche. Les microbes qui altèrent les roches enrichissent les sols en nutriments et aident les plantes à mieux pousser

Comment les microbes altèrent-ils les roches ? Ils fabriquent des substances particulières qui agissent sur les premières couches des roches grâce à des réactions chimiques. Ces réactions provoquent la libération de minuscules composants de roches qui peuvent ensuite être absorbés par les microbes et les plantes (**Figure 1**). Par exemple, la bactérie *Bacillus subtilis* peut libérer du manganèse des roches sous une forme facilement utilisable par les plantes [2].

**HYPHES.** Structures formées par des champignons, en forme de tubes longs et ramifiés qui sont utilisés par les champignons pour se développer et trouver des nutriments.

**SAPROBIONTES.** Tout organisme qui vit et se nourrit de matière morte. Ce sont en particulier certains champignons et certaines bactéries.

**PHOTOSYNTHÈSE.** Procédé par lequel les plantes vertes et certains microbes utilisent en particulier l'énergie de la lumière du soleil et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) pour fabriquer des sucres.

Le champignon *Talaromyces flavus* est un autre exemple. Cet organisme utilise de l'acide pour altérer les roches et extraire le magnésium et le fer. Ce champignon a de longues structures tubulaires appelées **hyphes** qu'il utilise pour grandir et absorber les nutriments. Il utilise la pression des pointes de ses hyphes pour briser les roches et atteindre des minéraux intéressants [3]. Ce champignon se développe dans de petites fissures, et sa croissance les élargit. Les champignons et les bactéries produisent également de petites molécules qui lient le fer et facilitent l'altération des roches. De nombreux types de microbes peuvent altérer les roches, et ont été essentiels à la formation des sols et à la création d'écosystèmes terrestres complexes.

## LES CHAROIGNARDS MICROBIENS : GARDIENS DES SOLS

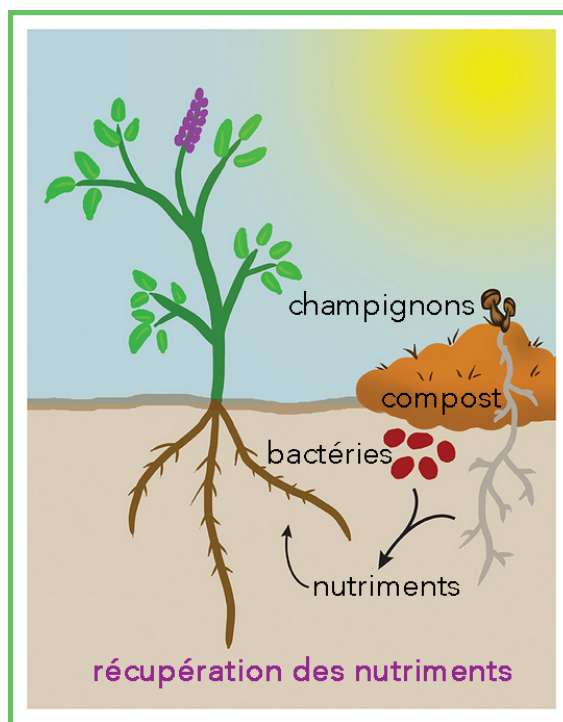
Au XVIII<sup>e</sup> siècle, le chimiste français Antoine Lavoisier a formulé la loi de la conservation de la masse comme suit : "Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme". Ce principe s'applique également aux organismes vivants et est illustré par des microbes appelés **saprobiontes** (du grec *sapros*, pourrissant et *biôn*, vivant). Les saprobiontes recyclent les éléments en décomposant les matières mortes comme les débris végétaux, puis en absorbant les nutriments qui en résultent [4]. Ce processus permet aux saprobiontes d'obtenir des nutriments comme des sucres qu'ils ne pourraient pas trouver autrement.

Les plantes vertes sont des usines à sucres très performantes. Elles utilisent la lumière comme source d'énergie pour fabriquer des sucres à partir du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) atmosphérique, dans le processus appelé **photosynthèse**. Lorsque les plantes meurent, les sucres qu'elles ont fabriqués peuvent être réutilisés par d'autres organismes. Au fil du temps, de plus en plus de matière végétale morte s'accumule et est recyclée par les saprobiontes, ce qui forme des sols.

Les saprobiontes comprennent une diversité étonnante d'espèces de champignons et de bactéries et peuvent vivre dans beaucoup d'endroits différents. Dans les sols cultivés, ils sont essentiels pour transformer la matière organique en décomposition, le compost, en nutriments utilisables par les plantes (**Figure 2**). Sans saprobiontes microbiens, le compost ne serait pas un bon moyen de nourrir les plantes, qui ne peuvent pas directement collecter les nutriments des matières mortes. Les cultures pousseraient moins bien et leur rendement serait plus faible.

Lorsque des phénomènes météorologiques extrêmes se produisent, tels que la sécheresse causée par le changement climatique, les saprobiontes du sol peuvent être affectés et devenir moins efficaces pour recycler la matière morte. Mais si leur population est suffisamment diversifiée, certaines espèces ne seront pas aussi impactées que d'autres par les conditions météorologiques extrêmes et continueront à

dégrader la matière morte. Il est donc important que les sols maintiennent une population diversifiée de saprobiontes, afin que la matière puisse toujours être décomposée et nourrir d'autres organismes. Les nutriments continueront ainsi de circuler dans les écosystèmes, aidant à vivre les cultures dont nous avons besoin.



**Figure 2.** Les saprobiontes sont des bactéries et des champignons du sol qui aident à nourrir les plantes en décomposant les matières mortes du sol, comme le compost. Ces microbes rendent les nutriments contenus dans la matière morte disponibles pour que les plantes les absorbent par leurs racines

### MARIAGES SECRETS DANS LES RACINES

Les zones du sol situées juste à côté des racines des plantes sont d'une très grande biodiversité microbienne. Certaines espèces de bactéries et de champignons trouvent refuge à l'intérieur des racines et ont accès aux sucres issus de la photosynthèse, en échange de la fourniture de nutriments et d'autres services à la plante. C'est ce qu'on appelle une **symbiose**. Les deux organismes tirent profit de cette relation, principalement en échangeant des nutriments (Figure 3).

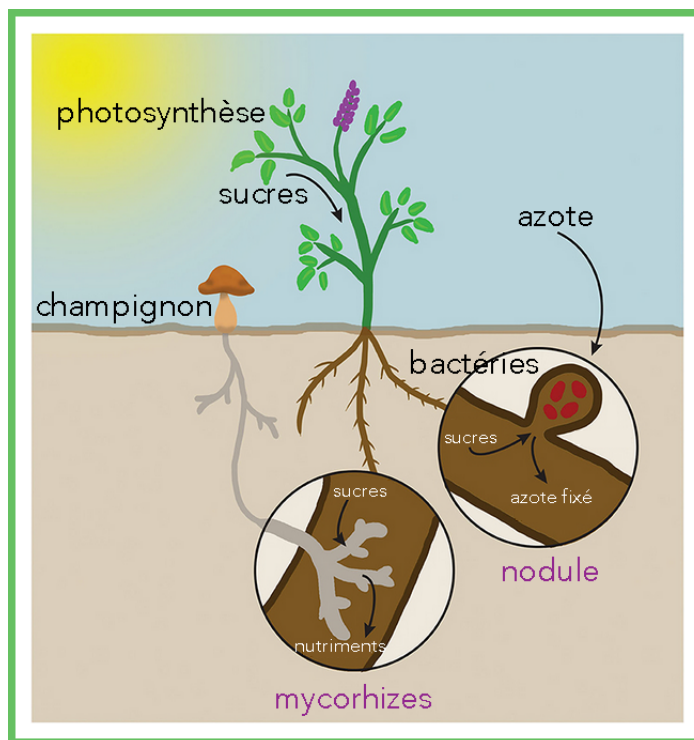
Les plantes appelées légumineuses constituent un groupe de plantes qui comprend des plantes cultivées comme le soja, les arachides et les pois. Elles peuvent établir une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*. L'interaction entre ces bactéries et la légumineuse entraîne la formation d'un **nodule** sur la racine dans lequel les bactéries peuvent vivre. À l'intérieur de ces nodules, les bactéries se reproduisent et sont protégées des agressions environnantes. Les bactéries obtiennent également de la plante des sucres qu'elles utilisent pour se développer et convertir chimiquement l'azote de l'air en ammoniac [5]. Les plantes sont incapables d'utiliser l'azote de l'air comme source d'azote ; l'ammoniac que leur fournissent les *Rhizobium* est une source d'azote

**SYMBIOSE.** Relation étroite et à long terme entre deux ou plusieurs organismes. On l'appelle mutualisme si elle profite aux deux organismes.

**NODULE.** Gonflement de la racine d'une légumineuse qui contient des bactéries capables de capter l'azote de l'air et de le transformer en une forme utilisable par la plante.

**MOLÉCULE.** Particule qui compose la matière. Une molécule est un assemblage d'atomes (au moins deux, identiques ou non) unis les uns aux autres par des liaisons chimiques.

que les plantes peuvent utiliser. L'azote est essentiel aux organismes vivants ; il est un composant essentiel de nombreuses molécules biologiques, telles que l'ADN et les protéines. Ainsi, les plantes bénéficient de l'azote apporté par les bactéries dans leurs nodules racinaires. Si des espèces de *Rhizobium* sont présentes dans le sol et que des nodules sont formés, les agriculteurs n'ont pas besoin d'ajouter au sol de l'azote sous forme d'engrais.



**Figure 3.** Les bactéries et les champignons peuvent former des relations symbiotiques avec les racines des plantes, qui nourrissent les plantes et profitent aux microbes.

**MYCORHIZE.** Structure formée par l'interaction entre les filaments souterrains des champignons et le tissu racinaire d'une plante, dans une relation symbiotique.

Une autre symbiose couramment rencontrée dans les écosystèmes est établie entre les racines des plantes et les champignons. Les structures formées lors de cette symbiose sont appelées **mycorhizes** (des mots grecs *mýkēs*, champignons et *rhiza*, racines). Ce type de symbiose concerne plus de 80 % des plantes terrestres [6]. Les mycorhizes fascinent par leur diversité et leur complexité et font régulièrement l'objet de nouvelles découvertes. Fondamentalement, les nutriments du sol sont transportés vers les racines des plantes par les hyphes des champignons. Les hyphes peuvent explorer un grand volume de sol et atteindre des zones du sol inaccessibles aux racines de la plante, ce qui augmente la quantité de nutriments disponibles. Sans mycorhizes, les plantes ne seraient pas en mesure de recueillir autant de nutriments du sol et ne pousseraient pas aussi bien. En retour, les plantes partagent leurs sucres avec les champignons symbiotiques. Certains champignons mycorhiziens peuvent également altérer les roches, comme décrit précédemment, pour fournir des éléments comme le phosphore à leurs plantes hôtes. Dans les champs cultivés, les mycorhizes permettent d'augmenter l'efficacité des cultures sans utiliser d'engrais synthétiques.



## QU'AS-TU APPRIS ?

Tu sais donc maintenant que les microbes du sol sont essentiels à l'alimentation des plantes. Les chercheurs ont beaucoup appris sur l'importance des relations bénéfiques entre les plantes et les microbes, mais de nombreuses questions restent sans réponse, telles que : « Les bactéries et les champignons sont-ils dans tous les cas les principaux fournisseurs de nourriture des plantes dans le sol ? » ; « Quels types de microbes sont les meilleurs pour favoriser la croissance et la santé des plantes ? » ; et « Comment le changement climatique affectera-t-il les microbes du sol ? » Ces relations entre plantes et micro-organismes sont essentielles pour construire les types de sols qui peuvent soutenir notre agriculture. De plus, les communautés microbiennes doivent être diversifiées pour faire face aux perturbations du sol, telles que celles causées par le changement climatique. Il est important que les scientifiques comprennent mieux la complexité de l'alimentation des plantes par les microbes, afin que nous puissions faire face aux défis de l'agriculture.

## RÉFÉRENCES

- [1] Pennisi, E. 2018. Land plants arose earlier than thought—and may have had a bigger impact on the evolution of animals. *Science Mag.* doi: 10.1126/science.aat3642
- [2] Samuels, T., Bryce, C., Landenmark, H., Marie-Loudon, C., Nicholson, N., Stevens, A. H., et al. 2020. Microbial weathering of minerals and rocks in natural environments. *Biogeochem. Cycles Ecol. Drivers Environ. Impact* 251:59–79. doi: 10.1007/978-94-009-3071-1\_3
- [3] Hand, E. 2016. Iron-eating fungus disintegrates rocks with acid and cellular knives. *Science Mag.* doi: 10.1126/science.aaf4184
- [4] Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., and Kopriva, S. 2017. The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition - current knowledge and future directions. *Front. Plant Sci.* 8:1617. doi: 10.3389/fpls.2017.01617
- [5] Wagner, S. C. 2011. Biological nitrogen fixation. *Nat. Educ. Knowl.* 3:15.
- [6] Bonfante, P., Genre, A. 2010. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nat. Commun.* 1:48. doi: 10.1038/ncomms1046

## VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi doi: 10.3389/frym.2021.604096 ; Lacaze A, Zboralski A and Joly DL (2021) Who Feeds The Plants? Microbes! *Front. Young Minds* 9:604096).

**TRADUCTION** : Jean-Marie Clément, Association Jeunes Francophones et la Science

**ÉDITION** : Catherine Braun-Breton, Association Jeunes Francophones



et la Science

**MENTORS SCIENTIFIQUES :** Marie Péquignot et Sylvie Broussès-Hurtrez, Association Jeunes Francophones et la Science

### **JEUNES EXAMINATEURS :**

#### **VALENTIN, ANGE, LUNA, TAO, 10 ANS**

Nous sommes élèves en CM2 à l'école élémentaire de Teyran, dans le sud de la France. Nous aimons bien les plantes et avons trouvé très intéressant de savoir comment elles se nourrissent et de découvrir qu'il pouvait y avoir une telle entraide dans la nature !

### **ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)**

**SOU MIS** le 8 septembre 2020 ; **ACCEPTÉ** le 16 juillet 2021

**PUBLIÉ EN LIGNE** le 13 août 2021.

**ÉDITEUR :** Phillip R. Myer, The University of Tennessee, Knoxville, USA

**CITATION :** Lacaze A, Zboralski A and Joly DL (2021) Who Feeds The Plants? Microbes! *Front. Young Minds* 9:604096. doi: 10.3389/frym.2021.604096

#### **DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT.**

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

#### **DROITS D'AUTEURS**

Copyright © 2021 Lacaze, Zboralski and Joly.

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

### **JEUNES EXAMINATEURS**

#### **MEHA, 15 ANS**

Bonjour ! Je suis en deuxième année de lycée et veut être médecin. Mes activités favorites sont le dessin, le tennis et juste passer un moment avec mes amis ! J'aime aussi beaucoup faire du bénévolat et rendre ainsi à la communauté. Je suis très excitée de participer au programme Frontiers for Young Minds car je veux que mes camarades et les autres élèves aient accès aux avancées scientifiques.

#### **NIVEDITA, 14 ANS**

Bonjour, je m'appelle Nivedita et je suis une fille. Quelques informations me concernant : j'aime écouter de la musique pendant mon temps libre (Frank Ocean est mon préféré) et aussi dessiner quand je peux. J'aime

passer du temps avec mes amis et ma matière préférée est la chimie !

### **SHREEYA, 11 ANS**

Bonjour, je m'appelle Shreeya. Je vis avec ma sœur et mes parents. Pendant mon temps libre, j'aime me promener avec mes amis, jouer à des jeux de société et faire du karaté. En ce moment, je m'occupe en discutant avec mes amis, en lisant les livres de Harry Potter et en terminant un puzzle 3D de Poudlard.

### **SHRIYA, 13 ANS**

Bonjour, mon nom est Shriya. Je vis aux États Unis. Je suis en huitième année et mes matières préférées sont les maths et les sciences. Pendant mon temps libre j'aime danser et dessiner. Je viens juste de commencer à participer à Frontiers for Young Minds et j'ai très envie de continuer !

## **AUTEURS**

### **ALINE LACAZE**

J'ai obtenu mon master en Génétique des Plantes en France et suis maintenant doctorante à l'Université de Moncton, New Brunswick, Canada. Je travaille sur une maladie des pommes de terre, le Mildiou. J'aimerais encore plus participer à la vulgarisation de la science !  
[\\*aline.lacaze@hotmail.fr](mailto:*aline.lacaze@hotmail.fr)

### **ANTOINE ZBORALSKI**

Je suis doctorant à l'Université de Moncton, New Brunswick, Canada. J'étudie les interactions entre plantes et microbes dans le sol, pour améliorer la santé des plantes, ce qui pourrait nous permettre de cultiver nos plantes de façon durable. J'essaie de communiquer ma recherche au public, pour que les gens comprennent mieux la science. Je suis aussi un écologiste engagé localement pour réduire notre impact sur l'environnement.

### **DAVID L. JOLY**

Je suis professeur associé à l'Université de Moncton, New Brunswick, Canada. Mon groupe de recherche s'intéresse aux plantes et aux microbes qui leur sont associés, et nous utilisons des outils de biologie moléculaire et de génomique pour comprendre leurs interactions.