

## LA BIODIVERSITÉ DES SOLS : DÉCOUVRONS CE QUI COMPTE

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire (2022)

Version électronique disponible à l'adresse [www.publications.gc.ca](http://www.publications.gc.ca)

Version PDF

No de catalogue : A59-82/2021F-PDF

ISBN : 978-0-660-40243-7

No d'AAC : 13086F

Cette publication peut être citée ainsi : Lutes, KB, Ellert, BH (2021) La biodiversité des sols : Découvrons ce qui compte. Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge (Alberta), Canada.

Also available in English under the title: Soil Biodiversity: What's Most Important?

Pour plus de renseignements, visitez le [www.agr.gc.ca](http://www.agr.gc.ca) ou composez le numéro sans frais 1 855 773 0241.



## REMERCIEMENTS

Merci aux scientifiques et aux passionnés du sol qui ont fourni des commentaires et des conseils précieux tout au long du processus de création de ce livre.

Merci à Agriculture et Agroalimentaire Canada d'avoir appuyé ce projet.

Cet ouvrage a été créé par Katelyn Lutes et Ben Ellert, employés de la Direction générale des sciences et de la technologie d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lethbridge, Alberta, Canada. Les illustrations ont été dessinées par Katelyn Lutes.

Bienvenue dans le Club des amis du sol! Dans ce club, des scientifiques provenant de différents laboratoires se rencontrent pour discuter de leurs recherches en science du sol. Cette année, les membres ont pris pour thème :

## LA BIODIVERSITÉ DES SOLS

Le sol est un **écosystème** qui regroupe un grand nombre de matières vivantes et de matières inertes. Notre club compte plusieurs scientifiques qui nous aideront à mieux comprendre la biodiversité des sols et à trouver les organismes ou les groupes d'**organismes** vivants qui jouent le rôle le plus important dans le sol. D'abord, laisse-moi te présenter nos scientifiques :



Bruno, le botaniste, étudie la vie des végétaux.



Édouard est entomologiste; il étudie les insectes du sol.



Maurice est microbiologiste; Maurice étudie la vie microscopique qui se cache dans le sol.



Zoé est zoologiste; elle étudie les animaux qui vivent dans le sol.



Mélodie est mycologue; elle étudie les **champignons**



Émilie, l'écologue, étudie les **interactions** entre les organismes du sol et leur environnement.

# Qu'est-ce que la biodiversité des sols?

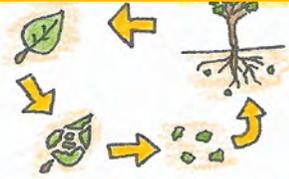
« La **biodiversité** est la variété de la vie sur Terre », explique Émilie, l'écologue. « Alors, si elle comprend toutes les matières vivantes, comme les végétaux, les animaux et les **microorganismes**, la biodiversité des sols est donc la diversité ou la variété globale de la vie que l'on trouve dans le sol! », ajoutent les scientifiques.

« La biodiversité est importante, parce qu'à mesure que le nombre d'organismes différents augmente, les avantages pour l'écosystème augmentent eux aussi, poursuit Émilie. Les avantages dont les humains profitent directement s'appellent les **services écosystémiques**. En voici quelques exemples :

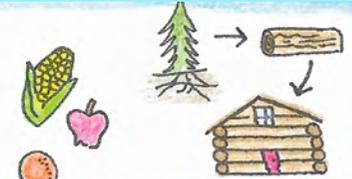
Les habitats pour les êtres vivants, à la fois dans le sol et sur le sol



Le recyclage et le stockage des **éléments nutritifs** dans le sol



La nourriture et d'autres substances pour bâtir ou faire des vêtements



« En fait, on pourrait dire que la formation du sol elle-même est considérée comme un service écosystémique, puisque les humains ont besoin du sol pour cultiver les végétaux dont ils se nourrissent et pour maintenir la vie sur Terre », précisent les scientifiques.

« Nous étudions tous la biodiversité des sols! Et nous sommes tous d'accord : ce qui compte le plus, ce sont...



Les scientifiques se regardent, perplexes. Mais ils ne sont pas du tout d'accord! Décidément, la réponse n'est pas aussi évidente qu'ils le pensaient.

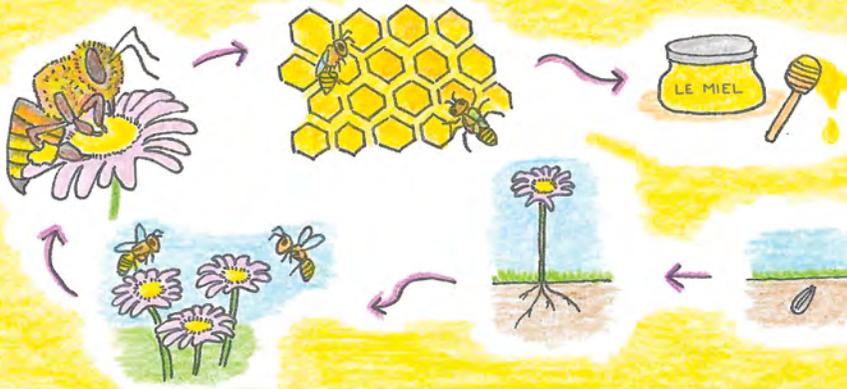




# BRUNO LE BOTANISTE

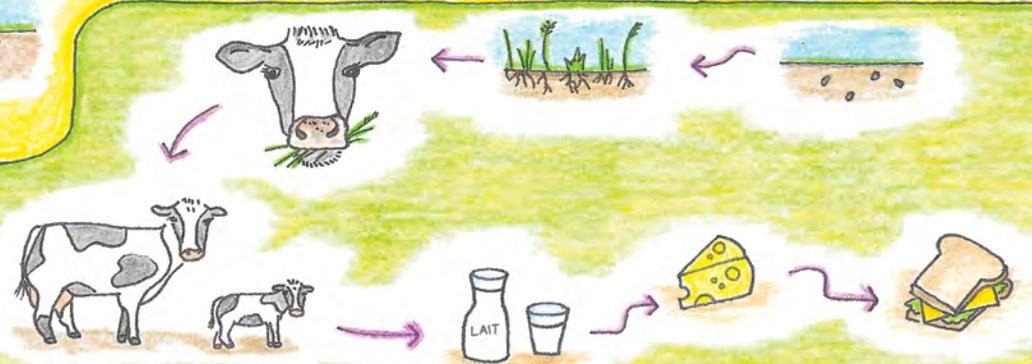
« Je suis botaniste; je consacre ma carrière à l'étude des végétaux. Presque tous ceux que j'ai étudiés ne pourraient pas exister sans le sol. C'est là un des rôles les plus importants de ce dernier : il peut assurer la vie des végétaux. Planter des graines pour cultiver des aliments est l'objectif des agriculteurs et des jardiniers depuis longtemps. D'ailleurs, les civilisations anciennes arrivaient à se développer seulement si elles pouvaient protéger le sol et sa biodiversité pour assurer la production d'aliments. Sauf les fruits de mer et le poisson, la majorité des aliments viennent du sol.

Pense aux céréales que tu manges le matin : elles sont faites de blé ou d'avoine, qui n'étaient au départ qu'une graine plantée dans le sol.



Pense au miel : le miel vient des ruches d'abeilles. Il a été produit grâce au pollen que celles-ci ont recueilli sur plusieurs fleurs, qui elles poussent dans le sol.

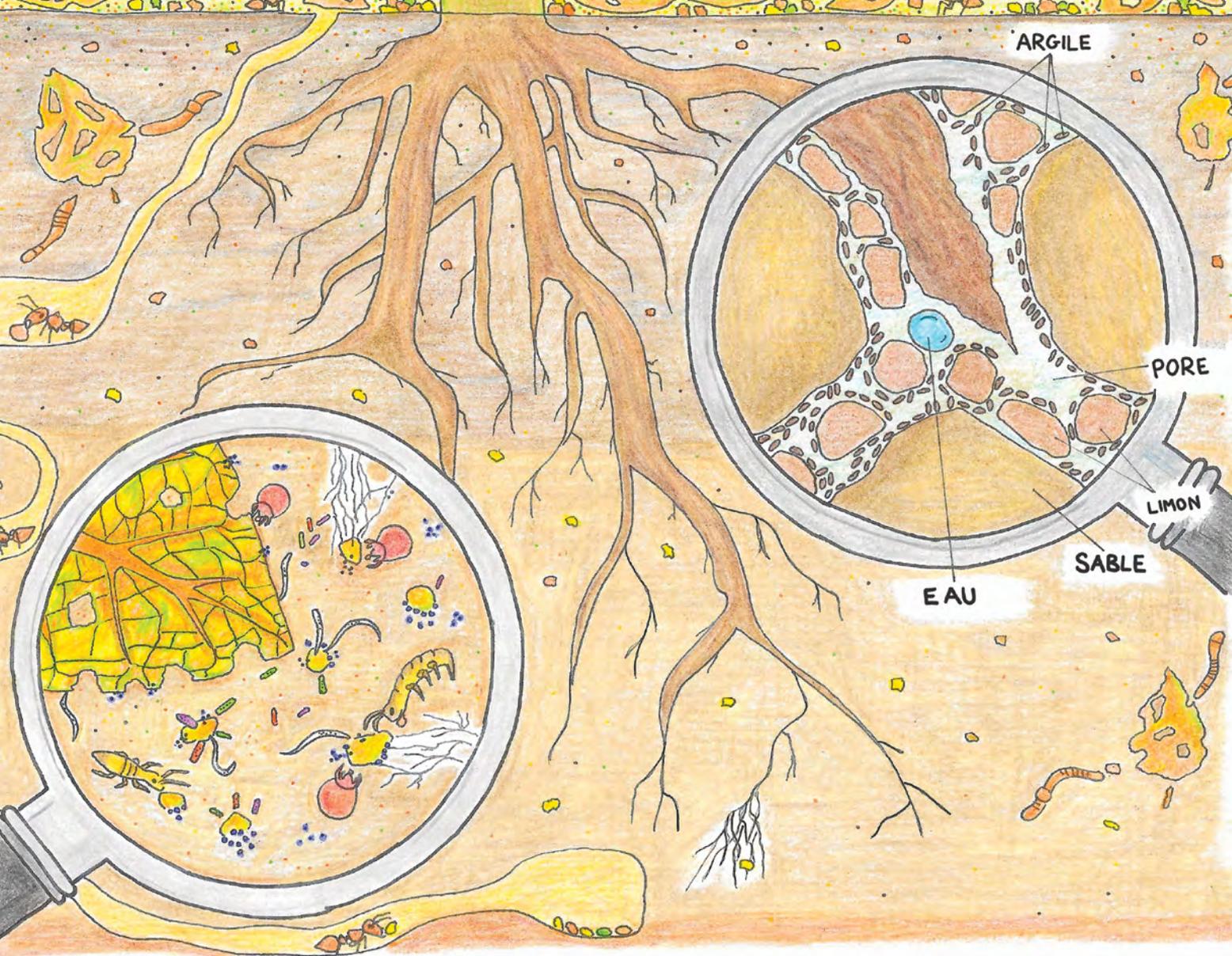
Pense à la tranche de fromage que tu mets dans ton sandwich : le fromage est fait avec du lait de vache. Pour grandir et donner naissance à des veaux, les vaches doivent se nourrir d'herbes, qui ont poussé dans le sol d'un champ.



Quand on observe un écosystème, on peut voir beaucoup de végétaux différents! Mais les végétaux peuvent aussi accroître la biodiversité qu'on ne voit pas aussi facilement, car ils servent de nourriture aux insectes et aux microorganismes du sol. Quand on plante une seule variété de végétaux dans un champ agricole, ou quand on coupe tout le bois d'une forêt, on change complètement la biodiversité végétale que l'on voit. Mais la biodiversité invisible, celle du sol, change elle aussi! En tant qu'humains, nous avons la responsabilité de tenir compte de cette biodiversité lorsque nous utilisons le sol.



Quand on pense aux végétaux, nous pensons généralement aux plantes que nous voyons à la surface. Mais il faut savoir que la moitié des végétaux prennent la forme de racines qui se trouvent sous terre, dans le sol.



Le sol n'est pas entièrement solide! Bien entendu, on y trouve des particules solides, comme le sable, le limon, ou l'argile, mais entre ces particules, on trouve des espaces vides, qu'on appelle des **pores**. Les pores peuvent se remplir d'eau ou d'air, que les racines des végétaux utilisent pour se développer. Les racines prendront le chemin le plus facile dans le sol, en utilisant l'espace qu'offrent les pores ou en traçant de nouvelles voies. C'est ainsi qu'elles définissent la structure du sol. Les racines aident aussi à retenir le sol, comme une ancre, pour qu'il ne soit pas balayé par le vent ou emporté par la pluie.

Quand les végétaux meurent, ils se **décomposent** dans le sol, ce qui fournit de l'énergie aux organismes décomposeurs et libère des éléments nutritifs qui pourront être utilisés de nouveau par d'autres végétaux, microorganismes ou animaux vivants. Ce processus est essentiel à la vie sur Terre, car la plupart des formes de vie sur le sol tirent leur énergie et leurs éléments nutritifs des végétaux.

Puisqu'on compte vraiment beaucoup de végétaux dans le monde, qui servent à nourrir presque tous les organismes vivants sur Terre, et parce qu'ils constituent la ressource de base pour permettre aux organismes du sol d'exister, je crois que les végétaux sont la partie la plus importante de la biodiversité des sols! »



# ÉDOUARD L'ENTOMOLOGISTE



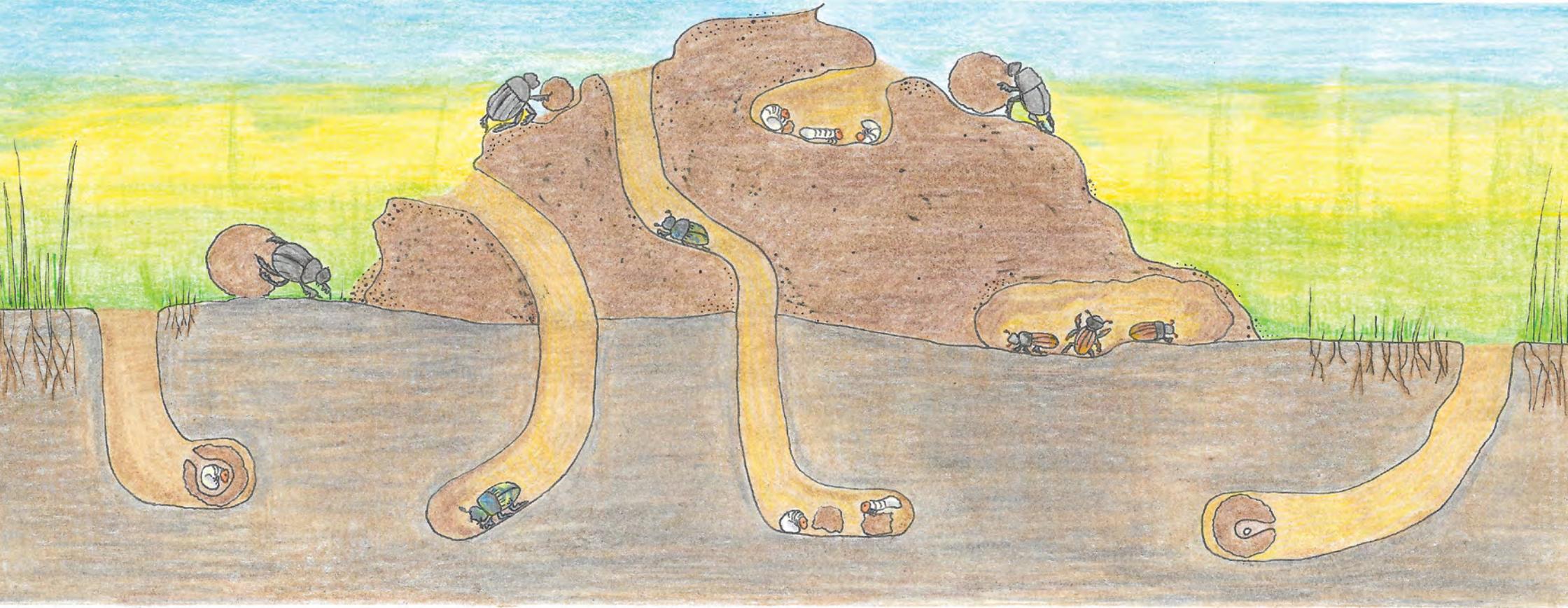
« Je suis entomologiste du sol, ce qui veut dire que j'étudie les insectes. Je pense que les diverses espèces d'insectes que l'on trouve dans le sol constituent la partie la plus importante de la biodiversité de ce dernier. Un très grand nombre d'insectes vivent dans le sol, alors je vais te parler seulement de mes deux espèces préférées : les fourmis et les insectes stercoraires.



Les fourmis agissent comme des **ingénieurs de l'écosystème**, c'est-à-dire que les tunnels et les fourmilières qu'elles construisent dans le sol ont des effets importants sur celui-ci. Les fourmis d'une colonie travaillent ensemble pour restructurer l'écosystème du sol en mélangeant et en transportant des matières végétales et en augmentant le nombre de pores qu'on y trouve. Certaines espèces cultivent même des champignons, qui leur fourniront de l'énergie et des éléments nutritifs. Les activités des colonies de fourmis peuvent modifier le sol plus rapidement et de façon beaucoup plus importante que ce que leur petite taille nous laisse croire. Chaque fourmi est minuscule, mais on en trouve tellement dans le monde que leur **biomasse**, ou poids relatif, est plus grande que celle des tous les amphibiens, les oiseaux, les reptiles et les mammifères sauvages de la planète mis ensemble!

Les insectes stercoraires sont aussi des insectes importants, car ils recyclent les excréments des grands herbivores, comme les vaches. Pour un stercoraire, le fumier frais est un vrai trésor, puisqu'il renferme de la nourriture et des matériaux de construction. Certaines espèces vivent tout simplement dans le fumier, tandis que d'autres s'y déplacent et le restructurent, en font des boulettes et le transportent dans des tunnels dans le sol. Les insectes stercoraires se nourrissent aussi de fumier, s'y reproduisent et y vivent. Ils y pondent même leurs œufs pour que les larves aient accès à de la nourriture.

Peux-tu imaginer un monde où les excréments des animaux ne seraient jamais décomposés?! Les piles de fumier s'accumuleraient et deviendraient une calamité en étouffant les prairies. Les herbes qui poussent normalement dans celles-ci, et dont se nourrissent les animaux, ne pourraient plus y pousser. Ce sont les insectes stercoraires qui assurent ce travail et qui décomposent rapidement les excréments, un processus qui se produirait beaucoup plus lentement s'ils n'étaient pas là. En décomposant et en transportant les excréments dans le sol, les insectes stercoraires en libèrent les éléments nutritifs, ce qui aide à assurer la santé des sols et permet aux végétaux et aux autres organismes d'y prospérer.



Comme les insectes sont si nombreux dans le sol et sur le sol, et puisqu'ils le modifient et y ajoutent des éléments nutritifs, je crois que les insectes constituent la partie la plus importante de la biodiversité des sols!»



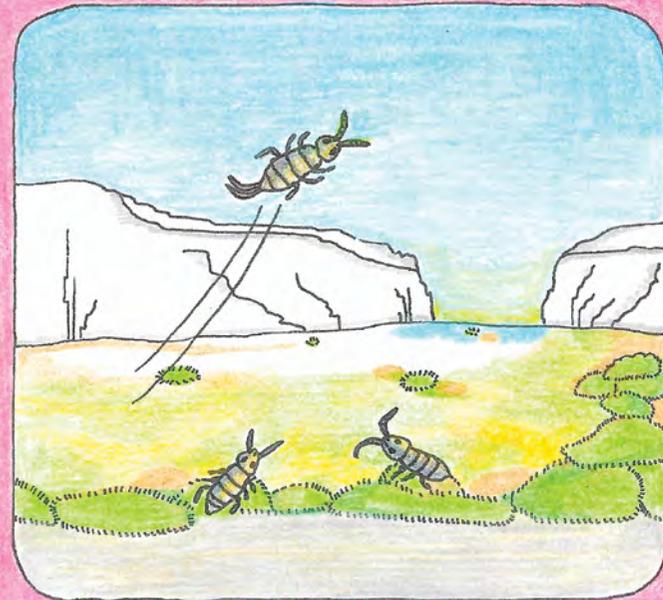
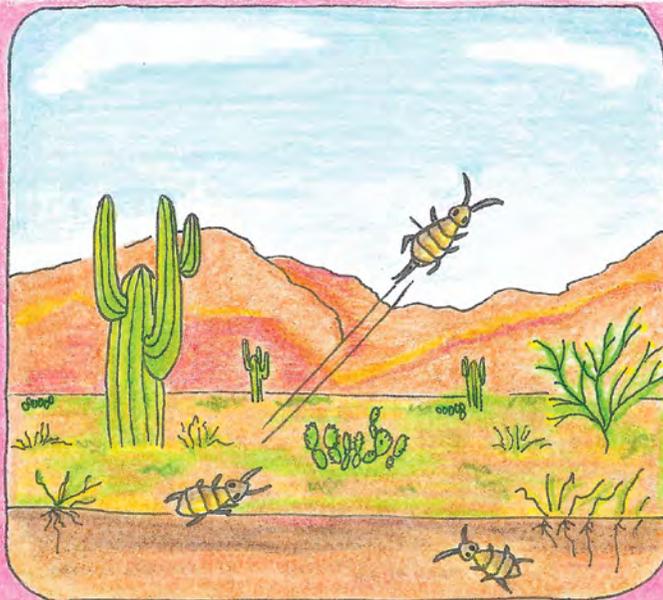
# ZOÉ LA ZOOLOGISTE



« Je suis zoologiste du sol, ce qui veut dire que j'étudie les animaux qu'on y trouve. Je m'intéresse entre autres aux collemboles, aux mites, aux vers de terre, aux millipèdes, aux centipèdes et aux nématodes. Les animaux du sol sont très communs : on peut en compter plusieurs millions dans un mètre carré de sol. C'est comme si tu pouvais tenir dans tes bras tous les habitants de ta ville!

Les collemboles sont de tout petits organismes qui ressemblent aux insectes. S'ils se sentent menacés, ces animaux peuvent utiliser un petit appendice, comme une queue, pour se propulser dans les airs. Ils peuvent sauter jusqu'à 10 centimètres de haut, ce qui serait l'équivalent pour toi de sauter par-dessus un gratte-ciel! Les collemboles vivent partout dans le monde, même dans les sols de régions extrêmes comme l'Antarctique, le désert, la forêt ou la jungle tropicale.

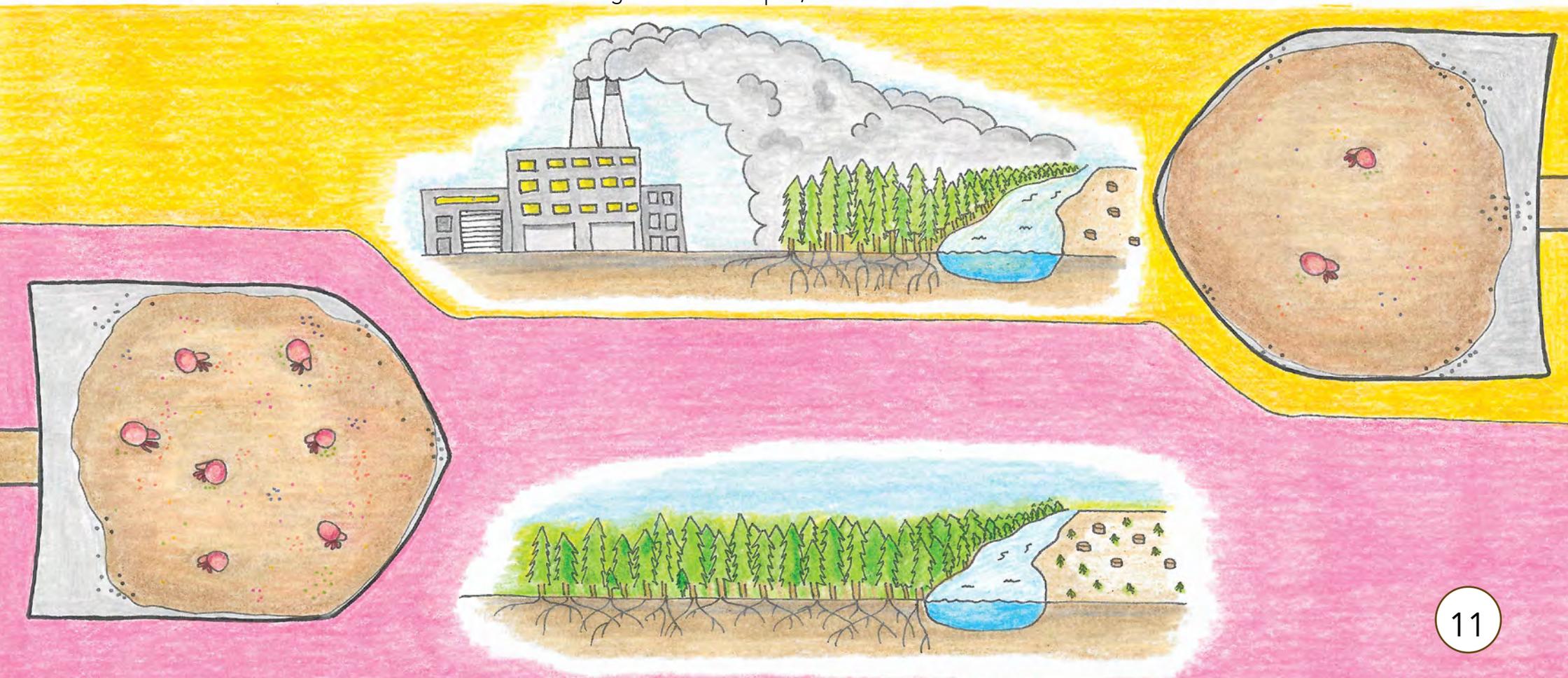
Dans le sol, les collemboles déchiquettent, mélangent puis mangent les matières végétales mortes, ce qui permet aux éléments nutritifs de retourner dans le sol. Ce processus améliore l'environnement pour les microorganismes du sol et augmente la biodiversité de celui-ci. Mais attention! Certains collemboles aiment aussi manger des bactéries et des champignons, ce qui peut modifier la biodiversité de microorganismes dans le sol.



Dans le sol, les mites jouent un rôle semblable à celui des collemboles. Elles déchiquettent, mélangent puis mangent elles aussi les matières végétales mortes, libèrent les éléments nutritifs et dispersent les microorganismes à mesure qu'elles mangent.



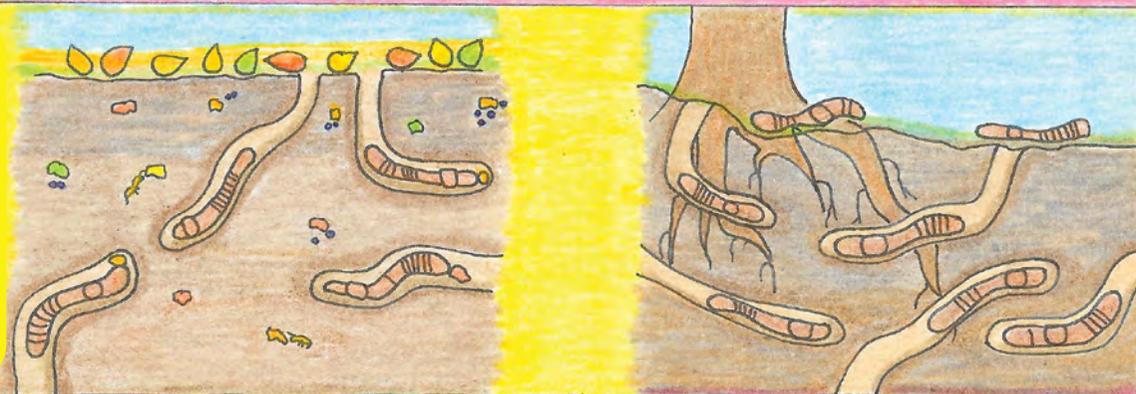
L'un des groupes de mites les plus fréquents, qu'on appelle l'oribatida, sert de **bio-indicateur**. Les bio-indicateurs sont des organismes vivants qui nous donnent une idée de l'état de santé de l'écosystème qui les entoure. Imagine qu'une forêt pousse à côté d'une usine. Comme les arbres poussent lentement, cela peut prendre plusieurs années avant qu'ils deviennent malades et meurent à cause de la pollution dégagée par les cheminées de cette usine. À ce moment-là, il pourrait être trop tard pour agir. Les bio-indicateurs réagissent plus rapidement aux changements et sont faciles à mesurer, alors en observant les mites dans le sol, nous pouvons rapidement déterminer si la pollution nuit à l'écosystème et trouver des solutions. Étudier la biodiversité de ces mites peut nous permettre de juger si l'écosystème est sain ou si les dérangements qu'il subit, comme l'exploitation minière, l'agriculture ou les changements climatiques, lui causent du stress.



Certains animaux longs et minces vivent aussi dans le sol. C'est le cas des vers de terre, des centipèdes, des millipèdes et des minuscules nématodes!

Les vers de terre sont des ingénieurs de l'écosystème, comme les fourmis. Lorsqu'ils creusent des tunnels dans le sol, ils mélangent les matières végétales. Ce processus aide à la décomposition des végétaux et fournit de la nourriture aux autres organismes du sol.

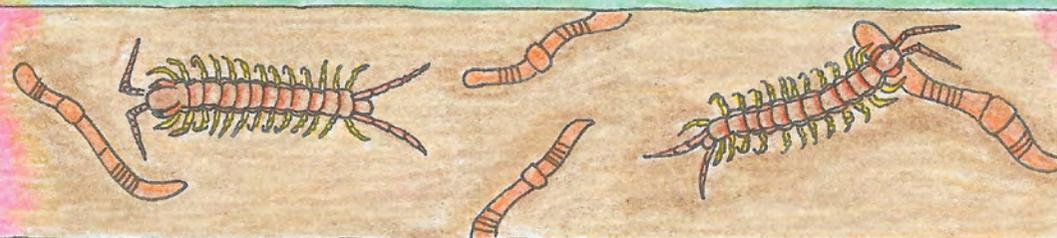
Par contre, la présence de vers de terre dans un sol où ils ne devraient pas se trouver peut nuire à la biodiversité. Par exemple, s'ils creusent leurs nombreux tunnels dans le sol d'une forêt, les autres organismes du sol pourraient avoir de la difficulté à trouver des aliments et des habitats qui leur sont familiers.



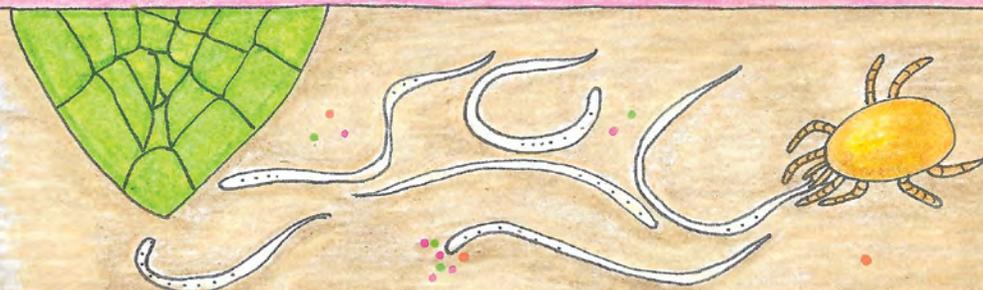
En mangeant, les millipèdes déchiquettent les matières végétales mortes en petites particules, qui se mélangent ensuite au sol avec les petits animaux et les microorganismes. Sans l'aide des gros animaux du sol comme les millipèdes, les animaux plus petits n'arriveraient pas à se procurer autant de nourriture.



Les centipèdes sont des prédateurs, c'est-à-dire qu'ils chassent les autres animaux du sol pour les manger. Ils contribuent ainsi au contrôle des populations qui vivent dans le sol.



Les nématodes ressemblent à de petits vers et sont invisibles à l'œil nu. Ils se nourrissent de végétaux et de microorganismes, et ils servent de nourriture pour de plus gros animaux. Comme les mites, les nématodes peuvent servir de bio-indicateurs. Cela dit, un sol qui renferme un grand nombre de nématodes n'est pas toujours plus sain, particulièrement parce que ceux qui grignotent les racines des cultures agricoles deviennent des organismes nuisibles.



Puisqu'on compte tellement d'animaux du sol qui vivent en relation avec les végétaux et les microorganismes, je pense qu'ils constituent la partie la plus importante de la biodiversité des sols.»

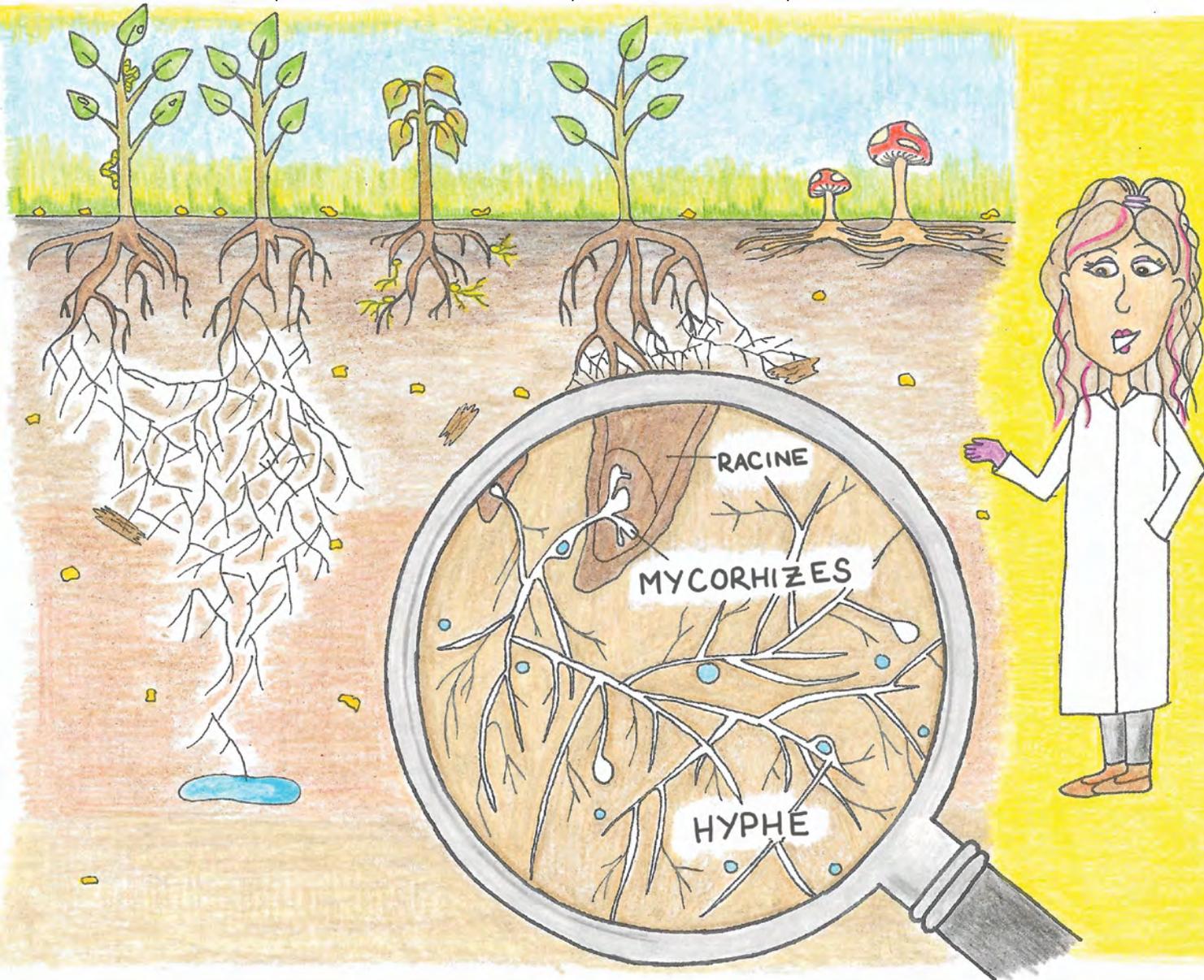
« En tant que mycologue du sol, j'étudie les champignons et leurs relations avec la vie végétale. Certains champignons peuvent devenir aussi gros qu'un éléphant ou une baleine bleue. En fait, le plus grand organisme de la planète est un champignon! »

Plusieurs champignons du sol prennent la forme d'un réseau de longs filaments minces appelé **hyphe**. Normalement, les hyphes sont cachés dans le sol, mais ils forment parfois des champignons qu'on peut alors voir facilement. Certains champignons du sol sont de puissants décomposeurs qui peuvent désintégrer des matières aussi solides que le bois, tandis que d'autres sont des organismes nuisibles qui endommagent les racines des végétaux.

Plusieurs champignons du sol sont astucieux; ils s'installent dans les racines des végétaux, et la survie de chacun dépend alors de l'autre. On appelle ce type de champignons des **mycorhizes**, un mot qui veut dire "champignon" et "racine".

Les mycorhizes n'ont pas besoin de décomposer différentes matières pour se nourrir; elles absorbent plutôt le sucre qui provient des racines. En échange, les champignons prolongent le système racinaire et agissent comme de petits tuyaux qui transportent l'eau et les éléments nutritifs jusqu'au végétal à partir d'endroits que ce dernier ne pourrait pas atteindre autrement.

Les mycorhizes peuvent même aider les végétaux à communiquer entre eux au moyen de substances chimiques. En effet, les racines du végétal libèrent une substance chimique, qui se déplace le long de l'hyphe jusqu'aux autres végétaux qui y sont connectés. De cette façon, un végétal peut par exemple prévenir son voisin de l'attaque d'un insecte.

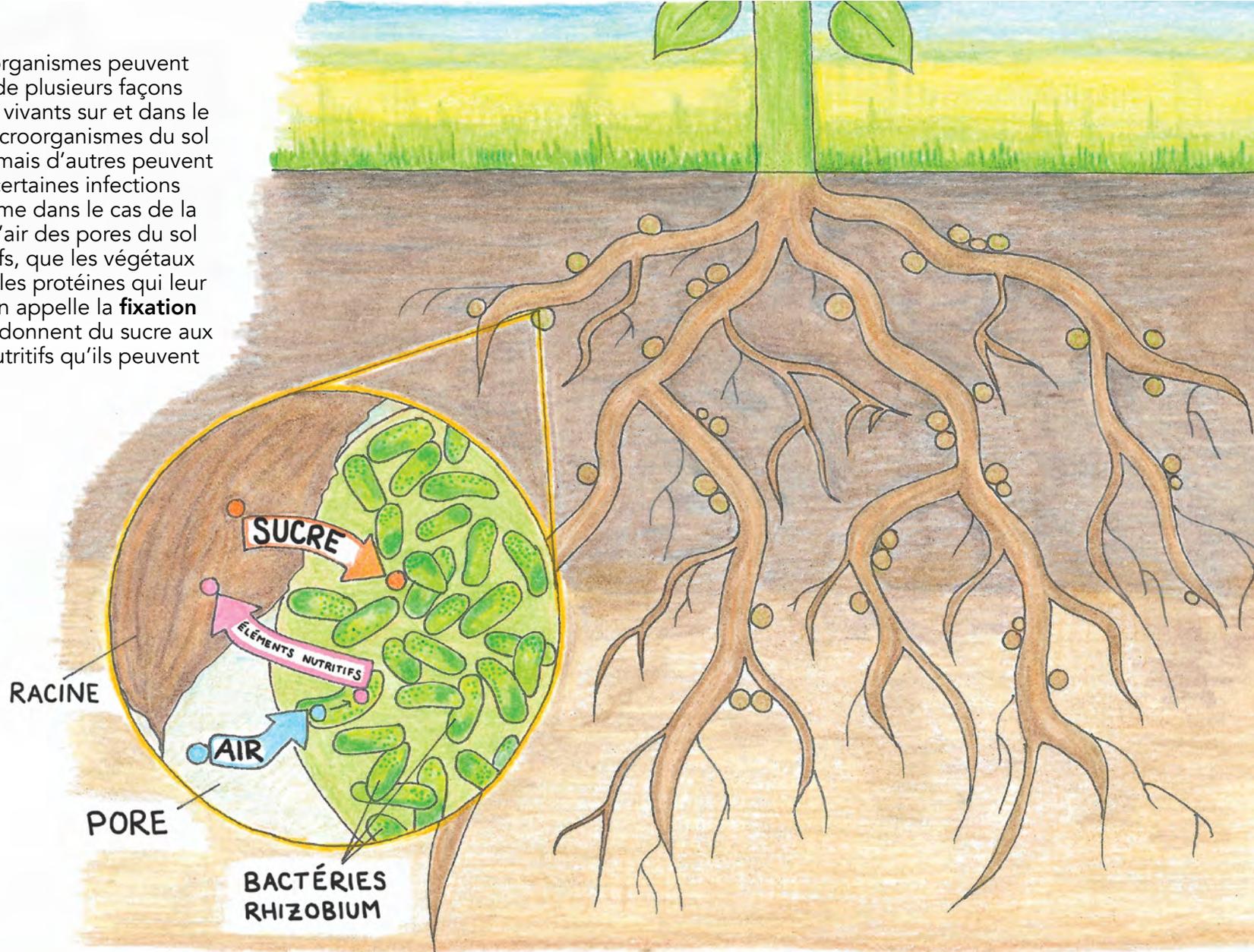
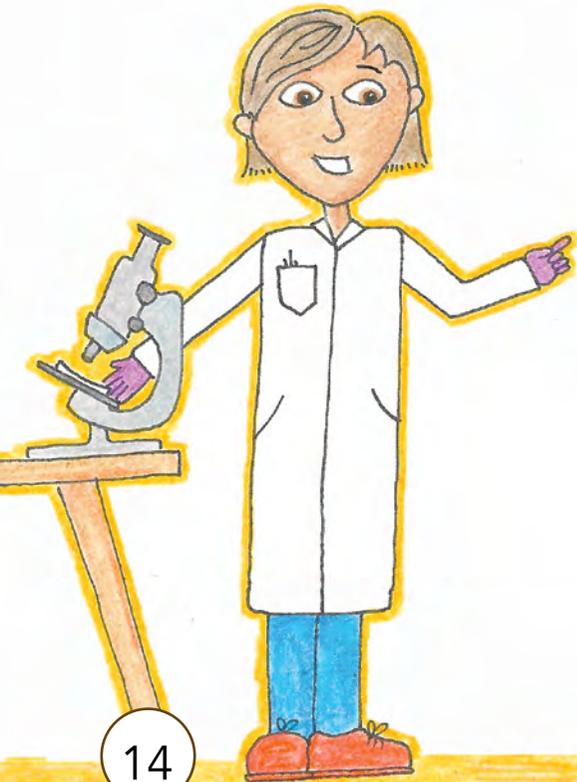


Puisque les champignons recyclent les éléments nutritifs du sol, qu'ils aident les végétaux à croître et à communiquer, et que leur biomasse est si grande dans le sol, je crois qu'ils constituent la partie la plus importante de la biodiversité des sols! »

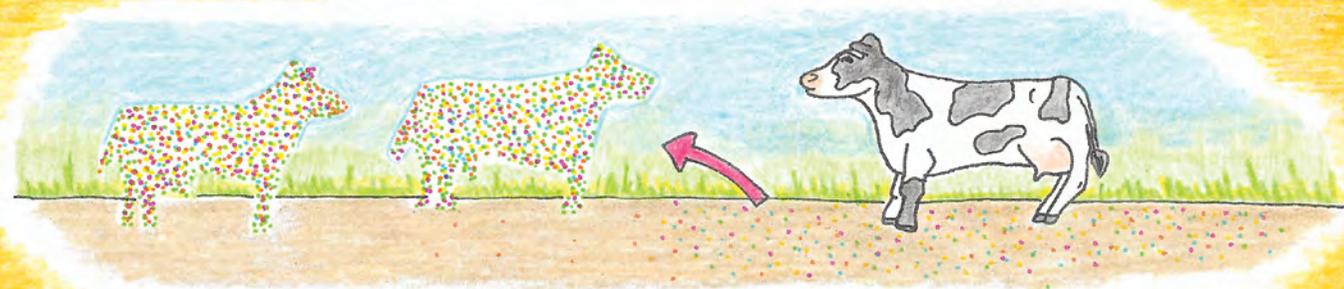
# MAURICE LE MICROBIOLOGISTE

Pour moi, les plus petits organismes du sol sont aussi les plus importants! Je suis microbiologiste du sol et j'étudie les microorganismes qu'on y trouve. Les microorganismes du sol, comme les bactéries, sont des êtres vivants si petits qu'on peut seulement les observer à l'aide d'un microscope.

Malgré leur petite taille, les microorganismes peuvent transformer les éléments nutritifs de plusieurs façons différentes, ce qui influence les êtres vivants sur et dans le sol incluant les humains. Plusieurs microorganismes du sol aident à la croissance des végétaux, mais d'autres peuvent causer des maladies. Par contre, certaines infections bactériennes sont bénéfiques, comme dans le cas de la bactérie *Rhizobium*. Celle-ci capte l'air des pores du sol et la transforme en éléments nutritifs, que les végétaux peuvent alors utiliser pour fabriquer les protéines qui leur sont utiles. C'est un processus qu'on appelle la **fixation de l'azote** biologique : les végétaux donnent du sucre aux bactéries en échange d'éléments nutritifs qu'ils peuvent utiliser.

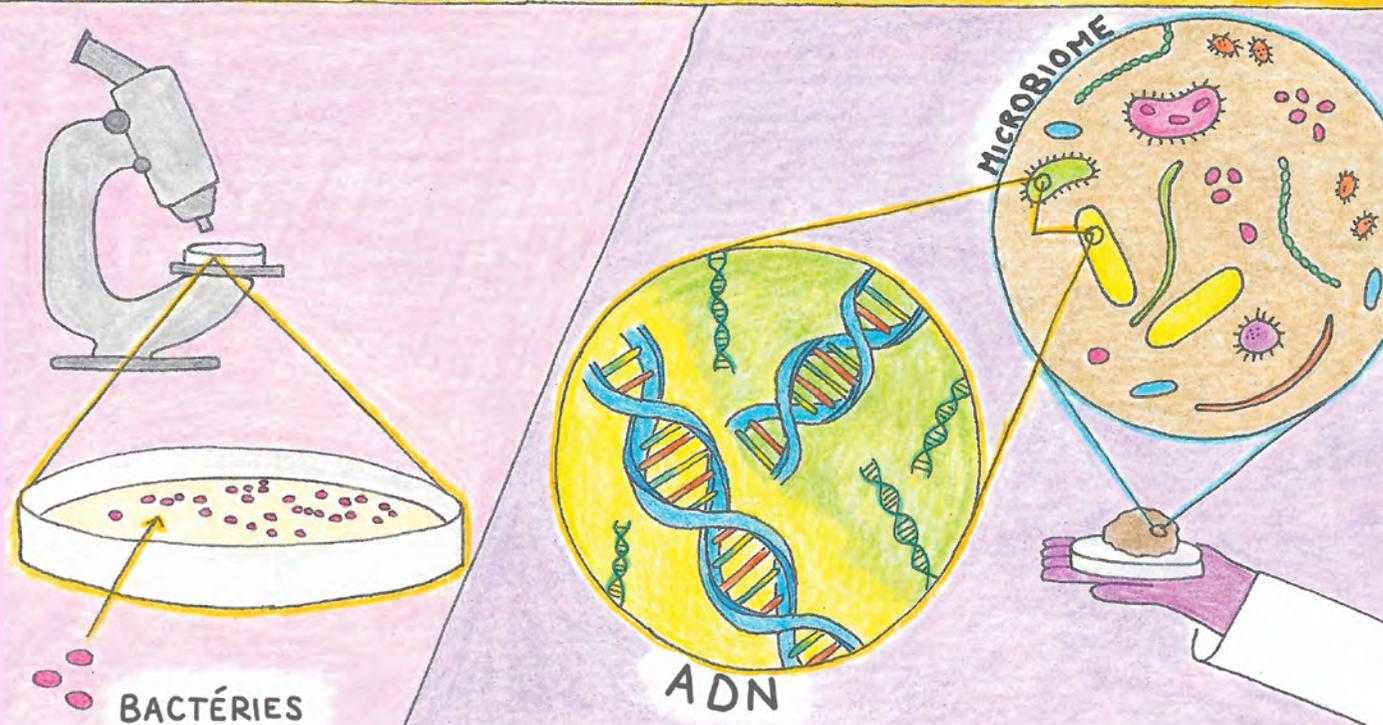


Si tu te rappelles, on a dit que les fourmis ont une biomasse plus élevée que la plupart des animaux sur la planète. La biomasse des bactéries est encore plus grande que ça! Dans la biomasse mondiale, les bactéries arrivent en deuxième position, juste après les végétaux. Le nombre de bactéries dans le sol des prairies est tellement grand que leur poids est souvent plus élevé que celui des vaches qui paissent au-dessus.



Les scientifiques peuvent cultiver certains types de bactéries du sol sur des plaquettes et les étudier avec leur microscope. Mais, comme il y a trop d'espèces différentes pour pouvoir les étudier une par une et que bon nombre d'entre elles ne peuvent pas être cultivées en laboratoire, cette méthode ne nous suffit pas pour bien comprendre toute la diversité de bactéries qui se trouvent dans le sol.

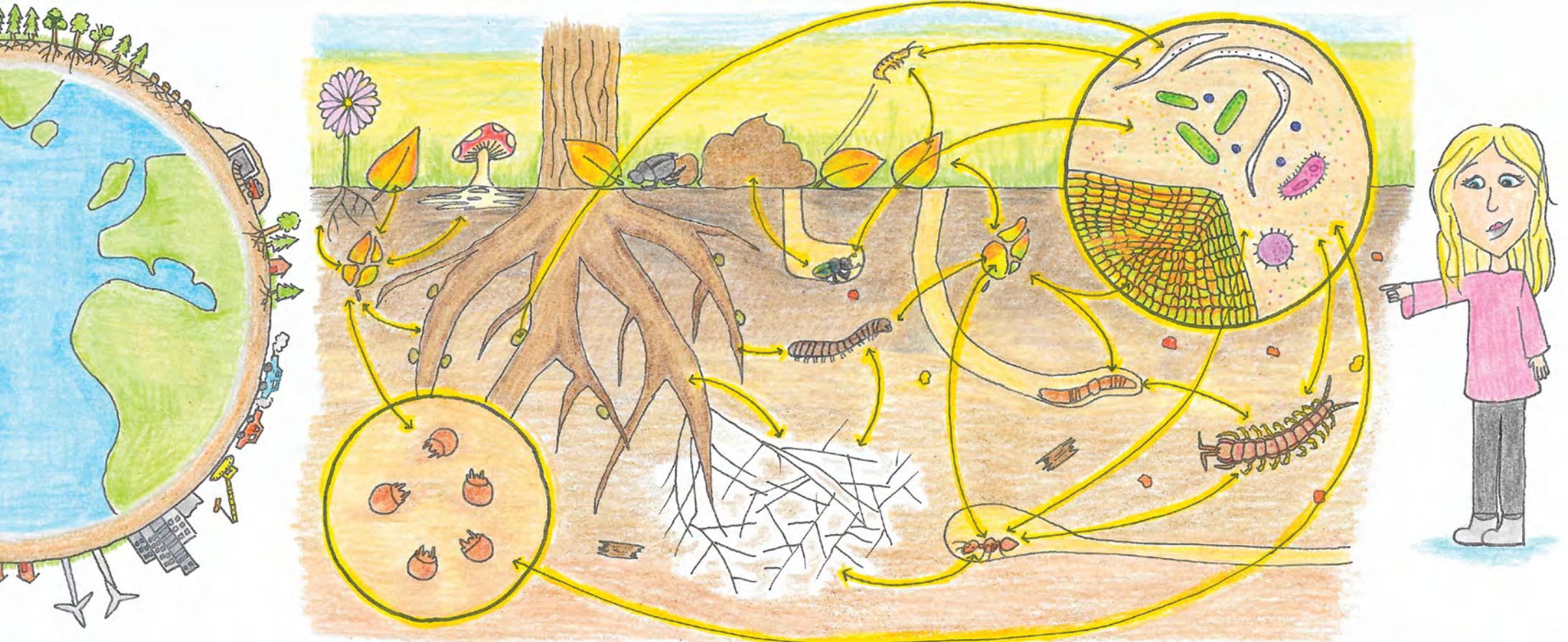
De nos jours, les microbiologistes comme moi utilisent un nouveau type de science qui s'appelle la **métagénomique**. Cette science nous permet d'identifier des communautés entières de microorganismes du sol grâce à leur ADN. Nous n'avons donc pas besoin d'identifier chacun d'entre eux individuellement. De cette façon, les scientifiques en apprennent plus au sujet du **microbiome** du sol, c'est-à-dire de toute la variété de microorganismes qu'on y trouve. Il est important d'approfondir notre compréhension de ces organismes, car ce sont eux qui déterminent le fonctionnement des écosystèmes et la façon de cultiver nos aliments, et même, qui nous fournissent certains remèdes.



Dans une seule cuillère à thé de sol, on peut trouver des millions, ou même des milliards de bactéries! La plupart des microorganismes du sol nous sont inconnus, et on connaît très peu leur rôle dans ce dernier. Les possibilités de découverte sont presque infinies! Puisqu'elles sont si diversifiées, les bactéries constituent, à mon avis, la partie la plus importante de la biodiversité des sols.»

«Je suis d'accord avec mes collègues scientifiques : chaque organisme est important, des microorganismes aux végétaux en passant par tout ce qui contribue à la biodiversité des sols. Je suis écologue, et mes recherches portent sur les interactions entre les organismes du sol et l'environnement qui les entoure.

L'écosystème du sol est comme un grand réseau où tout est connecté. Les végétaux sont reliés aux microorganismes du sol, qui transforment les éléments nutritifs qui sont absorbés par les racines des premiers. Les microorganismes sont reliés aux animaux du sol, qui les dispersent et les mangent. Les insectes sont reliés aux végétaux, qui leur fournissent un habitat et de la nourriture. Les animaux du sol sont reliés aux insectes, qui aident à décomposer et à mélanger les matières du sol dont les premiers se nourrissent. Les connexions entre chaque groupe d'organismes sont tellement nombreuses que je pourrais continuer encore longtemps! Mais pour résumer, on peut dire qu'il ne peut pas y avoir de biodiversité sans le sol, et que le sol ne peut pas exister sans la biodiversité des organismes qui y vivent.



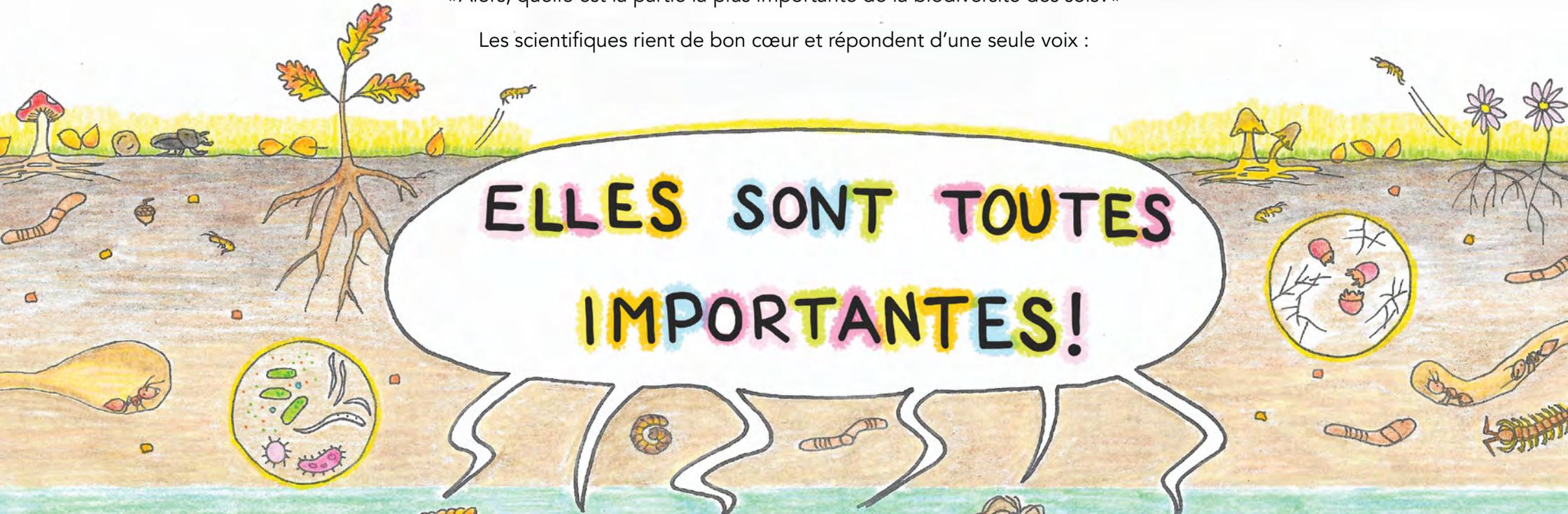
Quand nous utilisons le sol, il ne suffit pas de simplement tenir compte des ressources que nous pouvons utiliser dès maintenant, comme les aliments et les arbres. Nous devons aussi penser à l'avenir. Quand nous cultivons des aliments, coupons des forêts, extrayons des minéraux ou construisons des villes, il faut toujours se poser la question suivante : "Est-ce que les activités d'aujourd'hui permettront de maintenir la biodiversité des sols pour qu'on puisse continuer de bénéficier des activités des organismes du sol dans l'avenir?" Si nous ne prenons pas soin du sol et des organismes vivants qu'on y trouve, nous ne pourrons pas maintenir la vie sur notre planète.

Le sol est tellement diversifié, complexe et rempli de biodiversité que les scientifiques comme nous doivent travailler ensemble pour mieux comprendre comment la biodiversité des sols contribue à sa capacité à nous rendre des services écosystémiques ainsi qu'à la santé des écosystèmes», conclut Émilie.

Les scientifiques se regardent, le sourire aux lèvres. Ils ont finalement compris que, s'ils veulent protéger la biodiversité des sols, le garder bien vivant et maintenir la vie sur Terre, ils doivent travailler tous ensemble.

«Alors, quelle est la partie la plus importante de la biodiversité des sols?»

Les scientifiques rient de bon cœur et répondent d'une seule voix :



**ELLES SONT TOUTES  
IMPORTANTES!**



# GLOSSAIRE



**Azote** : Un élément chimique et un nutriment ou un bloc de construction utilisé par tous les organismes. L'azote est présent dans presque tout ce qui nous entoure, dans l'air, dans le sol, dans les plantes et dans nos muscles. Les décomposeurs recyclent l'azote pour que les plantes le réutilisent.

**Bio-indicateur** : Un organisme qui est si sensible aux changements dans son habitat que les changements dans leurs populations nous indiquent que l'écosystème change.

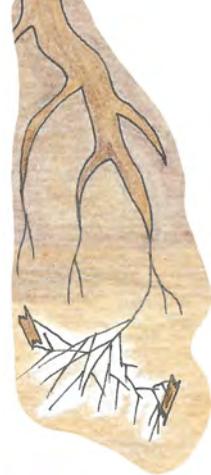
**Biodiversité** : La variété de la vie dans un écosystème; la biodiversité des sols comprend tous les types d'êtres vivants que nous pouvons trouver dans l'écosystème du sol, comme les insectes, les microbes et les plantes.

**Biologie** : Étude des êtres vivants (humains, microbes et plantes) et de la façon dont ils fonctionnent. Les mots qui commencent par « bio » se rapportent habituellement à la biologie.

**Biomasse** : Le poids total, ou la quantité totale d'un organisme. Par exemple, la biomasse des poissons dans l'océan serait le poids de tous les poissons dans l'océan.

**Champignons** : Le groupe d'organismes comprenant les champignons, les levures et les moisissures (mais pas les plantes ou les animaux). Les champignons sont des microbes.

**Décomposer** : Transformer des matières végétales en morceaux plus petits et éventuellement en molécules. Lorsqu'une feuille tombe sur le sol, les animaux et les microbes (appelés décomposeurs) la mangent et la déchiquettent en morceaux de plus en plus petits, obtenant ainsi de l'énergie et des nutriments.

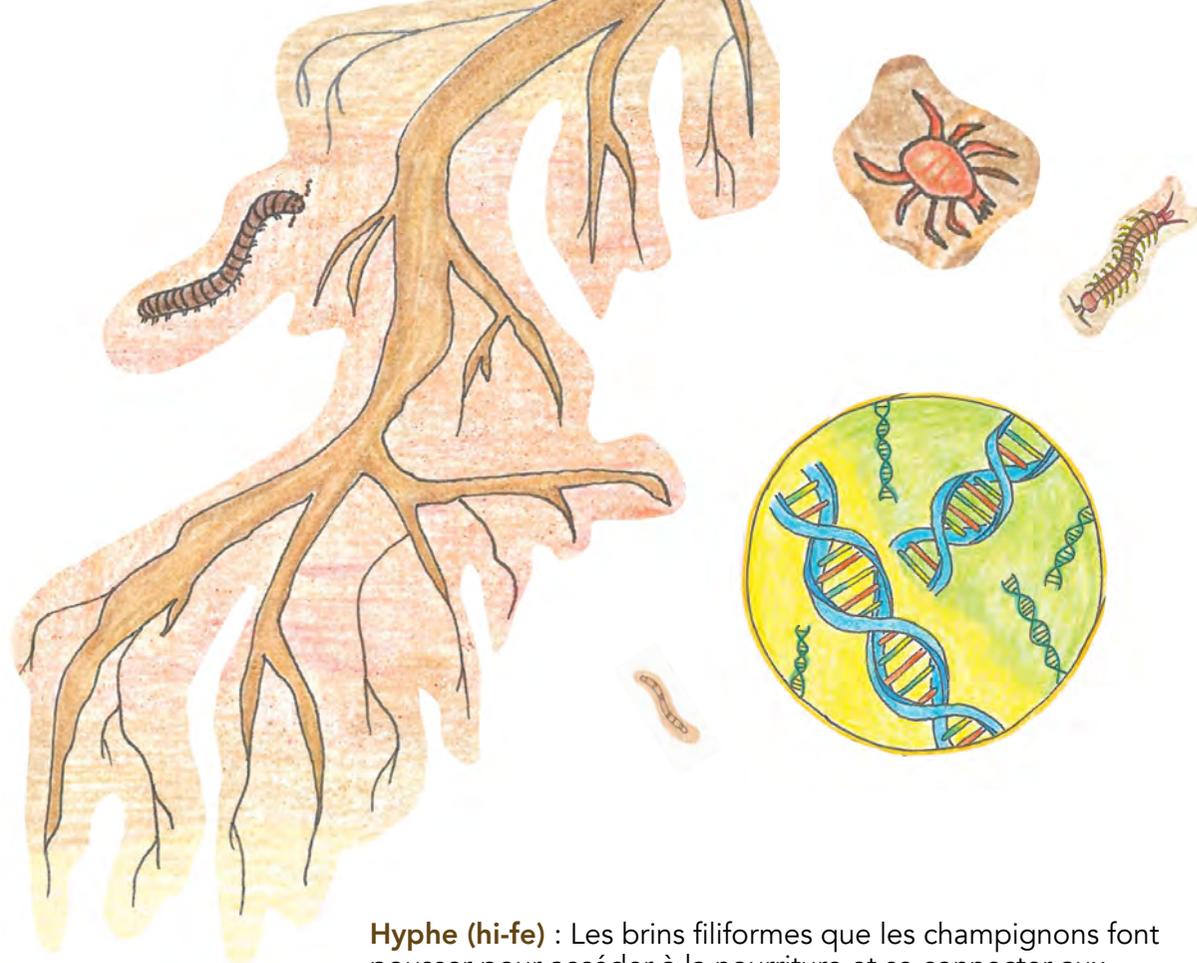


**Écosystème** : Ensemble des êtres vivants et non vivants présents dans une région ou un environnement, et toutes les interactions entre eux. Les écosystèmes peuvent être grands comme une forêt avec des arbres, des cerfs, des ruisseaux et des rochers, ou petits comme une pelletée de terre avec des microbes, des racines de plantes et des particules de sol.

**Élément nutritif** : Nourriture que les organismes utilisent pour se développer. Cette nourriture peut être vivante, comme les feuilles que mangent les insectes, ou non vivante, comme les tissus morts ou l'azote dans le sol.

**Fixation de l'azote** : Le processus de transformation de l'azote présent dans l'air en une forme que les plantes peuvent utiliser pour se développer. Seuls certains microbes (comme *Rhizobium*) peuvent effectuer cette transformation, et ceux-ci travaillent en étroite collaboration avec les plantes.





**Hyphe (hi-fe)** : Les brins filiformes que les champignons font pousser pour accéder à la nourriture et se connecter aux plantes et aux animaux.

**Ingénieurs de l'écosystème** : Organismes qui modifient tellement leur habitat qu'il devient complètement différent de celui dans lequel ils vivaient auparavant. En modifiant l'habitat, ils modifient souvent les autres organismes qu'on y trouve également.

**Interaction** : La façon dont les êtres vivants et non vivants travaillent ensemble et sont reliés les uns aux autres dans un écosystème.

**Métagénomique** : La science de l'utilisation de l'ADN pour identifier les types ou les groupes d'organismes dans un échantillon. Cette méthode est très utile pour identifier les communautés de microbes minuscules qui présentent une très grande biodiversité.

**Microorganisme** : Un être vivant, souvent composé d'une ou de quelques cellules seulement, qui est trop petit pour être vu sans microscope (ce qui signifie qu'il est microscopique).

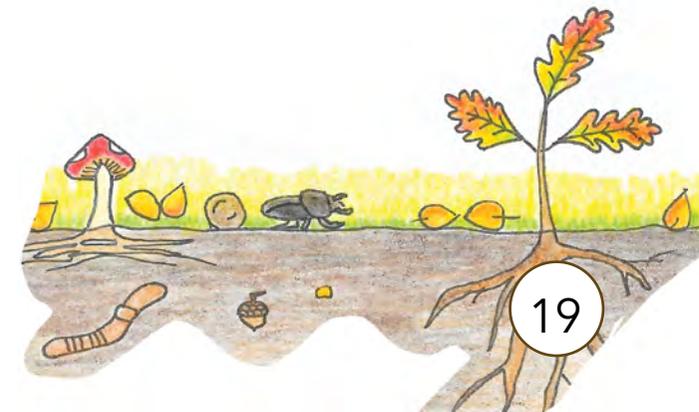
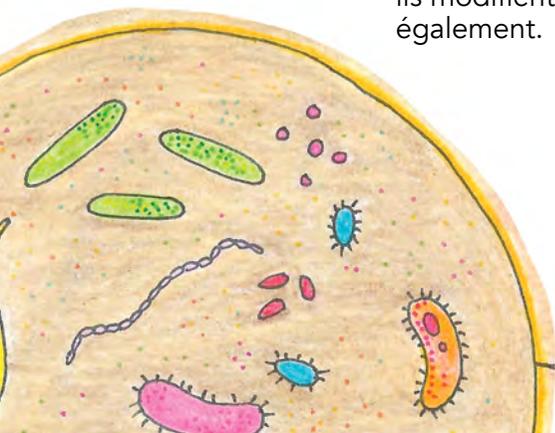
**Microbiome** : L'ensemble des différents microbes vivant dans un écosystème, comme le sol ou le corps humain. On peut les identifier grâce à la métagénomique.

**Mycorhizes (my-co-ri-ze)** : Champignons qui travaillent avec les racines des plantes. La plante et le champignon se développent mieux, car ils travaillent ensemble pour obtenir l'énergie et les nutriments dont ils ont besoin.

**Organisme** : Chose vivante, comme un minuscule microbe ou même un arbre ou une vache.

**Pores** : Espaces dans le sol qui peuvent se remplir d'eau ou d'air.

**Services écosystémiques** : Les choses utiles et précieuses que les humains retirent d'un écosystème. Certains sont faciles à voir, comme le bois que nous utilisons pour construire. D'autres sont invisibles, comme la joie que nous ressentons lorsque nous faisons une randonnée en forêt.



## LIVRES POUR JEUNES LECTEURS

- Ignatofsky, R. (2018) *The wondrous workings of planet earth: Understanding our world and its ecosystems*. Berkeley: Ten Speed Press.
- Pasquet, J. et Dumont, Y. (2018) *Notre environnement*. Montréal: Éditions de l'Isatis.
- Rajcak, H. et Laverdunt, D. (2016) *Les mondes invisibles des animaux microscopiques*. Paris: Actes Sud.
- Stroud, J.L, Redmile-Gordon, M., et Tang, W. (2020) *Under your feet: Soil, sand and everything underground*. New York: DK Publishing.

## RESSOURCES WEB

- Beugnon, R., Jochum, M. and Phillips, H. (2020) *Frontiers for Young Minds, Soil Biodiversity*. Disponible à : [kids.frontiersin.org/collection/11796/soil-biodiversity](https://kids.frontiersin.org/collection/11796/soil-biodiversity) (consulté le 3 mars 2022)
- Blanchart, E. et al. (2010) *La vie cachée des sols*. Disponible à : [www.ademe.fr/vie-cachee-sols](http://www.ademe.fr/vie-cachee-sols) (consulté le 3 mars 2022)
- FAO. (2020) Sous nos pieds video. Disponible à : [youtu.be/Y7w4EYuQylg](https://youtu.be/Y7w4EYuQylg) (consulté le 3 mars 2022)
- Hallett, S.H. et Caird, S.P. (2017) Soil-Net: Development and impact of innovative, open, online soil science educational resources. *Soil Sci.*, 182(5), pp. 188-201.
- Murray, A. (no date) *A chaos of delight - soil mesofauna*. Disponible à : [www.chaosofdelight.org/](http://www.chaosofdelight.org/) (consulté le 3 mars 2022)
- Jeffery, S., et al. (eds.). (2013) *Atlas européen de la biodiversité des sols*. Luxembourg : Bureau des Publications de l'Union Européenne. Disponible à : [op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/7161b2a1-f862-4c90-9100-557a62ecb908](https://op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/7161b2a1-f862-4c90-9100-557a62ecb908) (consulté le 3 mars 2022)

## RESSOURCES DE CLASSE

- Association Québécoise de Spécialistes en Sciences du Sol. (2017) *SOL'ERE: À la découverte de l'univers fascinant des sols*. Disponible à : [www.aqsss.com/spip.php?article203](http://www.aqsss.com/spip.php?article203) (consulté le 3 mars 2022)
- Jassey, V. et Jousset, A. (2017) *Est-ce que le fait de boire du thé peut nous aider à comprendre le changement climatique?* Disponible à : [www.teatime4science.org/wp-content/uploads/French.pdf](http://www.teatime4science.org/wp-content/uploads/French.pdf) (consulté le 3 mars 2022)
- Krzic, M. et al. (2019) Soil science education practices used in Canadian post-secondary, K-12, and Informal settings. *Nat. Sci. Educ.*, 48(1), pp. 1-6.
- Tresch et Fliessbach (2017) *Étude de la décomposition par l'utilisation de sachets de thé*. Disponible à : [www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1099-decomposition-the.pdf](http://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1099-decomposition-the.pdf) (consulté le 3 mars 2022)
- Lindbo, D, Kozlowski, D.A. and Robinson, C. [Editors]. (2012) *Know soils, know life*. Madison: SSSA.
- McGenity, T.J. et al. (2020) Visualizing the invisible: class excursions to ignite children's enthusiasm for microbes. *Microb. Biotechnol.*, 13(4), pp. 844-887.

- Soil Science Society of America. (2022) K-12 soil science teacher resources. Disponible à : [www.soils4teachers.org/home/](http://www.soils4teachers.org/home/) (consulté le 3 mars 2022)

## LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

- Addison, J.A. (2009) 'Distribution and impacts of invasive earthworms in Canadian forest ecosystems', *Biol. Invasions*, 11, pp. 59-79.
- Bar-On, Y.M., Phillips, R. et Milo, R. (2018) 'The biomass distribution on Earth', *PNAS*, 111(14), pp. 5266-5270.
- Behan-Pelletier, V.M. (2003) 'Acari and collembolan biodiversity in Canadian agricultural soils', *Can J. Soil Sci.*, 83, pp. 279-288.
- Berg, G. et al. (2020) 'Microbiome definition revisited: old concepts and new challenges', *Microbiome*, 8(103), pp. 1-22.
- Briones, M.J.I. (2014) 'Soil fauna and soil functions: A jigsaw puzzle', *Front. Environ. Sci.*, 2(7), pp. 1-22.
- Chen, X.D. et al. (2020) 'Soil biodiversity and biogeochemical function in managed ecosystems', *Soil Res.*, 58, pp. 1-20.
- Christiansen, K.A., Bellinger, P., et Janssens, F. (2009) 'Collembola (Springtails, Snow Fleas)', dans: Resh, V.H. and Carde, R.T. (eds.) *Encyclopedia of Insects*. 2nd Edition. Cambridge : Academic Press, pp. 206-210.
- Cristescu, M.E. et Hebert, P.D.N. (2018) 'Uses and misuses of environmental DNA in biodiversity science and conservation', *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 49, pp. 209-230.
- Dubey, A., et al. (2019) 'Soil microbiome: a key player for conservation of soil health under changing climate', *Biodivers. Conserv.*, 28, pp. 2405-2429.
- Fouke, D.C. (2011) 'Humans and the soil', *Environ. Ethics*, 33, pp.147-161.
- Frouz, J., et Jilkova, V. (2008) 'The effects of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae)', *Myrmecol. News.*, 11, pp. 191-199.
- Giesen, S., Wall, D.H., et van der Putten, W.H. (2019) 'Challenges and opportunities for soil biodiversity in the anthropocene', *Curr. Biol.*, 29(19), pp. R1036-R1044.
- Lavelle, P.A. et al. (2016) 'Ecosystem engineers in a self-organized soil: A review of concepts and future research questions', *Soil Sci.*, 181, pp. 91-109.
- Peralta, A.L. et al. (2018) 'Crop rotational diversity increases disease suppressive capacity of soil microbiomes', *Ecosphere*, 9(5), pp. 1-16.
- Powlson, D., Xu, J. et Brookes, P. (2017) 'Through the eye of the needle - The story of the soil microbial biomass', dans Tate, K.R. (ed.) *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*. London : World Scientific, pp. 1-40.
- Saleem, M., Hu., J. et Jousset, A. (2019) 'More than the sum of its parts: Microbiome biodiversity as a driver of plant growth and soil health', *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 50, pp. 146-168.
- Thakur, M.P. et al. (2020) 'Towards an integrative understanding of soil biodiversity', *Biol. Rev.*, 95, pp. 350-364.