

Micro-organismes

Nous nous nourissons de la matière organique et participons à sa décomposition. Dans les sols comme dans le corps humain, nous sommes invisibles mais sans nous rien de fonctionnerait.

Rédaction : Alain Brauman et Elisa Taschen (avril 2023)

Qu'appelle-t-on « micro-organisme » ?

Etymologiquement, cela regroupe les **organismes trop petits pour être observable sans microscope**. Ce terme regroupe ainsi une variété d'organismes appartenant à des règnes différents (Figure 1) : bactéries, archées, champignons, protozoaires, algues et même virus. Dans cette fiche nous nous intéresserons principalement aux bactéries et champignons car ce sont les plus abondants et diversifiés dans les sols.

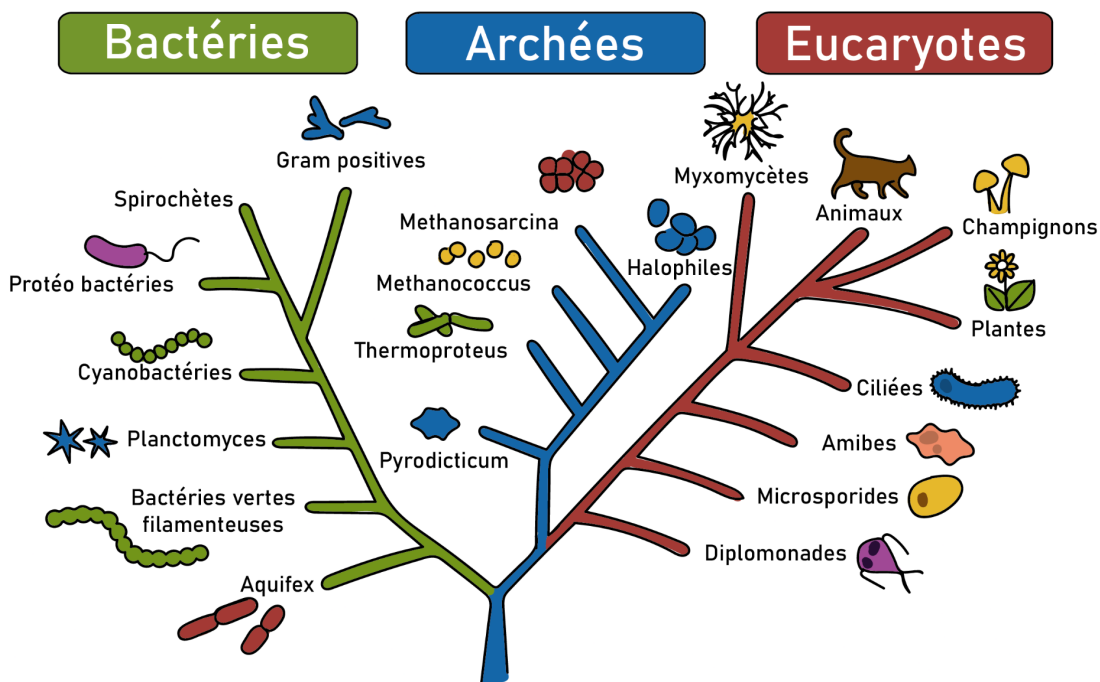


Figure 1. Arbre phylogénétique du vivant.
Source : Solenn Chauvel.

Les **bactéries** font partie des **procaryotes**, qui sont des organismes unicellulaires dépourvus de noyaux et d'organites (comme les mitochondries par exemple). Les bactéries se reproduisent en se divisant en 2 cellules identiques (pas de sexualité chez les bactéries). Parmi les procaryotes, il y a les **bactéries** (aussi appelées eubactéries) mais aussi les **archées** qui sont connues pour se développer dans les milieux perturbés. Ces archées ont d'ailleurs été découvertes dans les milieux extrêmes (eaux thermales, environnements hypersalins, etc.). Les bactéries présentent de nombreuses formes : sphériques, allongées ou en



bâtonnets et des formes plus ou moins spiralées. Dans cette fiche, le terme procaryote regroupe l'ensemble des bactéries et des archées.

Les **champignons** sont des **eucaryotes** (cellules pourvues de noyau) qui peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires. La plus grande partie des champignons se cache dans les sols sous forme unicellulaire ou de long filament appelé mycélium. Mais il ne faut pas oublier qu'une infime partie d'entre eux produit des macrostructures (visibles à l'œil) appelées carpophores et utiles à leur reproduction (grâce à la production de spores). Les champignons se divisent en trois groupes principaux : les **saprotrophes** qui se nourrissent de la matière organique morte, les **mutualistes** qui créent des relations de symbiose avec les plantes et les **pathogènes** qui se développent en induisant des maladies ou la mort d'organismes végétaux ou animaux.

Quelle est leur taille ?

La grande majorité des bactéries mesure entre 0,5 et 3 μm de largeur (1 μm = 0,001 mm), certaines peuvent être vues à l'œil nu (> 600 μm) mais cela reste très rare.

Pour les champignons, la question de la taille est plus complexe : la majorité d'entre eux est présente dans le sol sous forme de filaments (les **hyphes**) mycéliens dont la taille est comprise entre de **10 à 100 μm** . Mais ils peuvent aussi être gigantesques : le plus grand champignon connu est une armillaire (un champignon pathogène des arbres) dont les hyphes pourraient couvrir plus de **1350 terrains de foot** (= 965 hectares) et qui pèse entre 7 600 et 35 000 tonnes !

Comment peut-on étudier les micro-organismes ?

Jusque dans les années 1980, les micro-organismes étaient étudiés en les cultivant sur des milieux nutritifs qui permettaient d'observer moins de 1 % de leur diversité. Depuis, la recherche en écologie microbienne s'est inspirée des méthodes développées dans le secteur médical, comme le séquençage de l'ADN qui permet de caractériser plus finement la composition des communautés microbiennes du sol. **A ce jour, à titre d'exemple, on estime connaître seulement 5 % des espèces de champignons existantes.** Les avancées techniques et technologiques des prochaines années devraient encore accélérer notre capacité à acquérir des connaissances sur la biologie, l'écologie et le fonctionnement de cette incroyable biodiversité.

Abondance et diversité

Il y a plus de micro-organismes dans une cuillère de sol que d'habitants sur terre ! (Figure 2). Dans un gramme de sol, il y a entre 100 millions et 10 milliards de bactéries et entre 500 000 et un million de champignons. Ainsi, dans un hectare de sol de prairie, la biomasse cumulée des champignons (2500 kg) et des bactéries (1000 kg) équivaut à celle de près d'une dizaine de vaches.



LA FRESQUE DU SOL

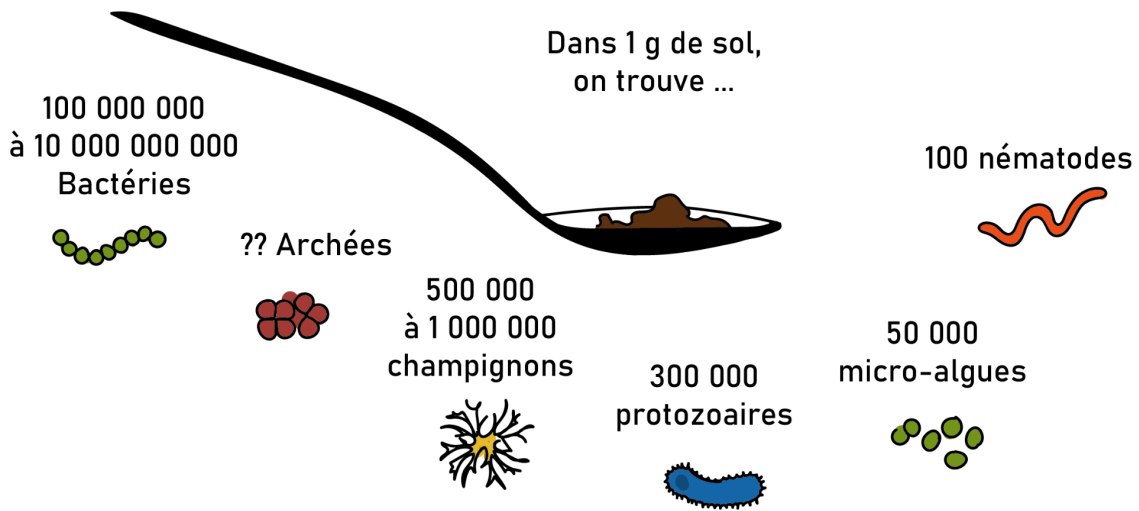


Figure 2. Ordres de grandeur de l'abondance d'individus dans 1 g de terre.
Source : Solenn Chauvel d'après Torsvik et al. (1996), Curtis et al. (2002), Gobat et al. (2003), Deacens et al. (2006).

En termes de diversité, on trouve entre 4 000 et 100 000 espèces bactériennes par gramme de sol et environ 2 000 espèces différentes de champignons.

Facteurs qui affectent la diversité et l'abondance des micro-organismes.

Les variations de **diversité** bactérienne sont surtout liées aux caractéristiques physiques des sols (pH et texture notamment) et dans un second temps à leurs usages. Ainsi, des sols agricoles et viticoles peuvent présenter des niveaux de diversité égale ou supérieure à des milieux naturels (même si la diversité présente en milieu agricole n'est pas de la même nature que celle d'un milieu naturel ; on observe en effet davantage de pathogènes en milieu agricole). En revanche, les sols agricoles possèdent une **biomasse** microbienne plus faible (entre 30 et 40 %) que celle des milieux naturels (Forêts > pâtures > jachères > cultures annuelles > vignes en conventionnel). Et la composition des communautés microbiennes ainsi que leurs fonctions varient fortement en fonction de l'usage des sols.

Où trouve-t-on des micro-organismes ?

Les procaryotes (qui comprennent les bactéries) n'ont cessé d'évoluer depuis leur apparition il y a plus de **3,5 milliards d'années** (pour rappel la Terre a 4,5 milliards d'années). Ils se sont adaptés à une grande diversité de milieux, y compris les plus extrêmes, comme les sols désertiques, glacés ou hyper salés et même les roches du manteau terrestre. Ainsi, contrairement à une idée fautive : **il n'y a pas de sol stérile/mort !**

D'autre part, la forte densité bactérienne ne fait pas du sol une « soupe bactérienne », mais plutôt un quasi désert avec des **oasis bactériens**, dans lesquels sont notamment présents de



la **matière organique et des nutriments**, des litières en décomposition et des déjections animales (exemple : turricules de vers de terre).

Les hyphes mycéliens, quant à eux, tapissent le sol et sa **porosité**. Par leurs **exsudats racinaires**, les plantes relarguent dans le sol des sucres facilement assimilables. Cette zone, appelée « **rhizosphère** », est un **hot-spot d'activité microbienne**. En retour, cette activité microbienne, bactérienne et fongique, est profitable à la plante en mobilisant des nutriments faiblement disponibles dans le sol. Les plantes sont aussi des lieux de prédilection pour les micro-organismes, ainsi **9 plantes sur 10** vivent en association étroite avec des **champignons symbiotiques** dans leurs racines.

Quels sont leurs rôles ?

Les micro-organismes sont considérés comme les acteurs majeurs du fonctionnement du sol. Ils entrent en jeu dans :

(i) la **minéralisation de la matière organique** (cf. Synthèse « Stockage, recyclage et transformation de la matière organique »), processus essentiel pour que les plantes puissent assimiler les éléments minéraux comme l'azote ou le phosphore (certains cycles biogéochimiques sont mêmes totalement dépendant des bactéries comme le cycle de l'azote, de la fixation de l'azote de l'air à la production de N_2O).

(ii) la **nutrition des plantes** notamment via les organismes symbiotiques comme les champignons mycorhiziens qui contribuent à la nutrition minérale de la plante ou les bactéries qui fixent l'azote de l'atmosphère et contribuent ainsi à la nutrition des légumineuses.

(iii) la protection des plantes via la **régulation des populations pathogènes en formant une barrière naturelle**, (iv) de la **structure du sol** notamment via les hyphes mycéliens mais aussi par la production de molécules organiques, (cette structuration est essentielle pour le passage de l'eau et la lutte contre l'érosion) (v) du **stockage du carbone** et donc de la régulation du climat qui dépend étroitement de la biomasse morte (nécromasse) microbienne (vi) de la **dégradation de certains polluants organiques** (hors métaux lourds) (cf. Synthèse « Filtration, rétention et dégradation des polluants ») : grâce à leur plasticité génétique (transfert de matériel génétique entre cellules) les micro-organismes sont capables de dégrader des polluants et molécules synthétiques comme le chlordécone mais cela peut prendre beaucoup de temps.



Questions clés

- Quel est le poids cumulé moyen des champignons et bactéries sous un hectare de prairie ?

Réponse : 2 500 kg de champignons et 1 000 kg de bactéries

- Quels rôles jouent les micro-organismes dans le fonctionnement des sols ?

Réponse : ils entrent en particulier en jeu dans la minéralisation de la matière organique, dans la nutrition des végétaux et dans leur protection.

Bibliographie

Bertran & Caumette, 2010. *Ecologie microbienne : microbiologie des milieux naturels anthropisés*. Presses universitaires de pau et des pays de l'adour.

Delgado-Baquerizo, M., Guerra, C. A., Cano-Díaz, C., Egidi, E., Wang, J. T., Eisenhauer, N., ... & Maestre, F. T., 2020. The proportion of soil-borne pathogens increases with warming at the global scale. *Nature Climate Change*, 10(6), 550-554.

Gobat, J.-M., Aragno, M., et Matthey W. *Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols*. PPUR Presses polytechniques, 2010.

Hawksworth, D. L., & Lücking, R., 2017. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology spectrum*, 5(4), 5-4.

Leake, J., Johnson, D., Donnelly, D., Muckle, G., Boddy, L., & Read, D., « Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning », *Revue canadienne de botanique*, vol. 82, n° 8, 2004, p. 1016–1045 ([DOI 10.1139/b04-060](https://doi.org/10.1139/b04-060)).

Karimi, B., Chemidlin Prévost-Bouré, N., Dequiedt, S., Terrat, S., & Ranjard, L., 2018. Atlas français des bactéries du sol.

Raynaud, X. et Nunan, N. Spatial ecology of bacteria at the microscale in soil. *PloS one*, 2014, vol. 9, no 1, p. e87217.

Robin, A., Pradier, C., Sanguin, H., Mahé, F., Lambais, G. R., de Araujo Pereira, A. P., ... & Jourdan, C. (2019). How deep can ectomycorrhizas go? A case study on *Pisolithus* down to 4 meters in a Brazilian eucalypt plantation. *Mycorrhiza*, 29, 637-648.