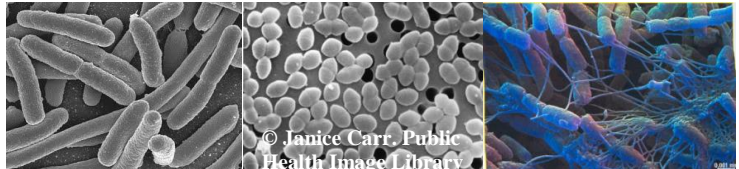


LES BACTERIES DU SOL

SOMMAIRE :

- UNE BACTERIE C'EST TOUT PETIT
- UNE DIVERSITE D'ESPECES ET DE FONCTIONS
- COMMENT LES CARACTERISER ?



Dans les sols, les organismes les plus abondants sont aussi les moins visibles (<100 µm) : les micro-organismes composés des bactéries, champignons, algues et protozoaires. Ils ont pourtant un rôle central dans la formation des sols, leurs fonctionnements (cycles biogéochimiques) et la croissance des plantes. Les nouvelles technologies permettent une meilleure connaissance de ces organismes, et particulièrement de la communauté bactérienne.

Une bactérie c'est tout petit

Les bactéries sont très abondantes dans les sols : **1 milliard d'individus par gramme de sol** en moyenne (2,5 t/ha en équivalent carbone !). Ce sont des organismes procaryotes* parmi les plus petits vivant dans les sols avec une longueur de **1 à 2 µm** dans des conditions aérobies (en présence d'oxygène) ou anaérobies ("sans" oxygène).

Les bactéries du sol consomment des molécules organiques en sécrétant des enzymes dans l'espace extracellulaire permettant de les hydrolyser (découper) en molécules simples absorbables au travers de leur paroi et de leur membrane plasmique. L'acquisition de ces ressources permet à la bactérie de croître jusqu'à une taille suffisante pour se diviser, division qui produit alors deux bactéries identiques. En général, les bactéries ont une croissance rapide. Mais cette vitesse de croissance est vite ralentie en fonction des conditions de milieu (facteurs limitants) : disponibilité en ressources nutritives, humidité du sol...

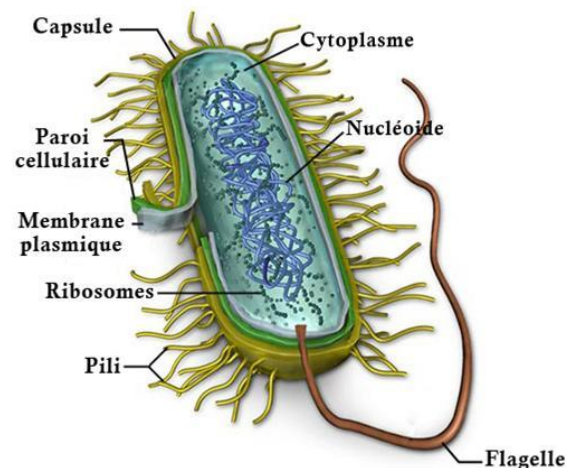


Schéma d'une bactérie

*Un organisme procaryote est un être vivant dont la structure cellulaire ne comporte pas de noyau (s'oppose à eucaryote).

Une diversité d'espèces et de fonctions

Dans les sols, il existe une diversité d'espèces de bactéries extrêmement forte de l'ordre d'**1 million d'espèces par gramme de sol**. Elles peuvent être classées de plusieurs manières : sur la base de leurs caractéristiques (morphologie, métabolisme, ressources nutritives...), sur la base de leur génome ou par grandes catégories de fonctions.

Avec les champignons, les bactéries du sol sont considérées comme les **ingénieurs chimiques** du sol. Elles réalisent un très grand nombre de fonctions impliquées par exemple dans la minéralisation des matières organiques, le cycle de l'azote (Figure 1), la disponibilité du phosphore ou encore la dégradation de molécules phytosanitaires. Par ailleurs, elles peuvent être impliquées dans la régulation de la croissance racinaire (bactéries PGPR).

Exemples de groupes fonctionnels impliqués dans la dégradation des matières organiques :

- **Les bactéries cellulolytiques** : elles dégradent la cellulose. C'est le groupe le plus important dans la dynamique de la matière organique, car elles décomposent la cellulose, molécule structurale la plus répandue chez les végétaux.
- **Les bactéries pectinolytiques** : elles dégradent la pectine et ses dérivés. Les bactéries les plus abondantes sont du genre *Arthrobacter*.

Exemples de groupes fonctionnels impliqués dans le cycle de l'azote (source : Supagro Montpellier) :

- **Les bactéries ammonifiantes** : elles décomposent les matières organiques azotées en ammoniac ou en ions ammonium.
- **Les bactéries nitrifiantes** : elles permettent l'oxydation de l'ammoniac en nitrate.
- **Les bactéries fixatrices d'azote** : elles captent l'azote atmosphérique (N_2) et le transforment en composés utilisables par les plantes (ammoniac). Ce sont notamment les bactéries symbiotiques localisées dans la rhizosphère des plantes cultivées (rhizobium chez les légumineuses).

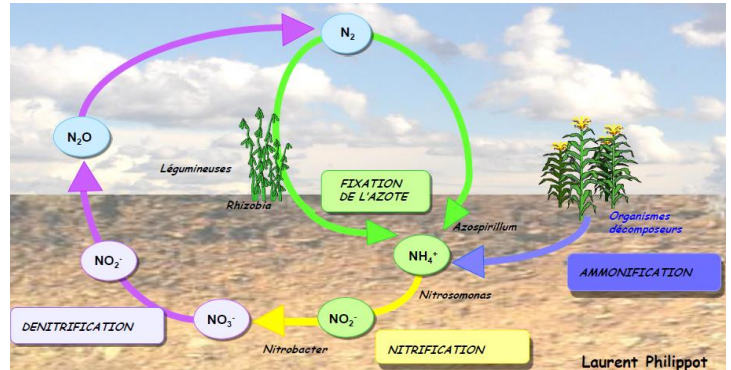


Figure 1 : exemples de bactéries intervenant sur le cycle de l'azote. Laurent Philippot, 2008

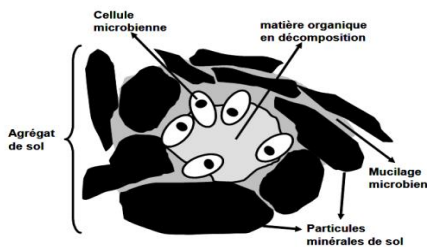


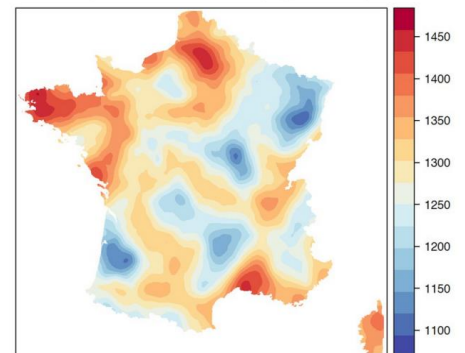
Figure 2 : Formation d'un agrégat (< 0.25 mm). source : CRAAO, 2005.

Les communautés microbiennes, et notamment bactériennes jouent un rôle dans **le maintien de l'état structural du sol**. En effet, la sécrétion de mucilages (composés de glucides et de protéines) par les bactéries permet de stabiliser les micro-agrégats dans le sol grâce à leur propriété collante et le développement des hyphes de champignons permet de stabiliser les macro-agrégats. Ce qui confère au sol à la fois une structure grumeleuse, une capacité à stocker de l'eau et une moindre sensibilité à l'érosion.

Comment les caractériser ?

Historiquement, la caractérisation des communautés bactériennes des sols se faisait par des méthodes de culture in vitro sur milieux nutritifs mais ne permettaient pas une caractérisation exhaustive de ces dernières. Depuis les années 2000, le développement des approches d'écologie moléculaire offre la possibilité de caractériser les communautés bactériennes des sols sur la base de l'ADN directement extrait du sol, ADN qui contient tous les génomes des microorganismes présents dans l'échantillon. La quantification de cet ADN permet de mesurer la biomasse moléculaire microbienne d'un sol et la mise en œuvre de méthodes de séquençage massif permet d'identifier la diversité bactérienne présente dans l'échantillon de sol. Grâce au déploiement de ces méthodes sur de grands échantillonnages représentatifs de la diversité des types de sols et de leur utilisation (www.gissol.fr), il a été possible de construire un référentiel pour la biomasse moléculaire microbienne des sols et la diversité bactérienne des sols ([Biomasse moléculaire microbienne](#) ; [biodiversité bactérienne des sols](#)). Ces référentiels ont permis de mettre en évidence la dépendance de la biomasse moléculaire ou de la biodiversité bactérienne des sols à des caractéristiques physico-chimiques des sols (pH, texture du sol, teneur en carbone, rapport entre la teneur en carbone et en azote : figure 3) ; mais aussi de l'utilisation du sol (grandes cultures, forêts, prairies,...). D'autres études démontrent la sensibilité des communautés microbiennes des sols aux pratiques agricoles. Cette sensibilité associée à l'existence de référentiels fait aujourd'hui des communautés microbiennes des sols des bio indicateurs opérationnels pour évaluer l'impact (positif ou négatif) des pratiques agricoles.

Cartographie nationale de la diversité bactérienne des sols de France (nombre de taxons bactériens par gramme de sol)



Source : © GIS Sol, UMR Agroécologie – équipe BIOCOM, plateforme GenoSol

Figure 3