

La biodiversité microbienne dans les cycles du carbone, l'azote et le soufre

La biodiversité microbienne dans le cycle du carbone

Les scientifiques pensaient que la décomposition du carbone organique dissous dans les océans était possible grâce à la complémentarité des espèces microbiennes. La bactérie *Alteromonas*, clé du cycle du carbone des océans ?

Pas forcément. Une seule bactérie, du genre *Alteromonas*, est capable de digérer le carbone sous toutes ses formes organiques, et contribue ainsi grandement à son cycle dans les océans, en libérant une partie sous forme de CO₂ et en stockant le reste pour les autres maillons de la chaîne alimentaire.

Océans et atmosphère sont en communication permanente.

Chaque année par exemple, ils échangent des dizaines de milliards de tonnes de dioxyde de carbone. Ces flux dépendent entre autres fortement du cycle du carbone sous-marin, résultant aussi du fonctionnement des écosystèmes, qui le transforment, le stockent et le rejettent.

D'abord, **le phytoplancton** l'utilise pour vivre et se multiplier.

Lors de ces processus, une partie du gaz carbonique capté est métabolisé et utilisé pour former des molécules carbonées organiques, dont une fraction est relâchée dans l'océan.

Sous cette forme, ces composés sont inutilisables pour de nombreux organismes, mais pas pour des bactéries spécialisées qui les exploitent et les recyclent.

Ils sont utilisés pour élaborer de nouvelles molécules utiles pour la chaîne alimentaire ou pour respirer, finissant alors transformés puis rejetés sous forme de CO₂ (Figure 06). (<https://www.futura-sciences.com>).

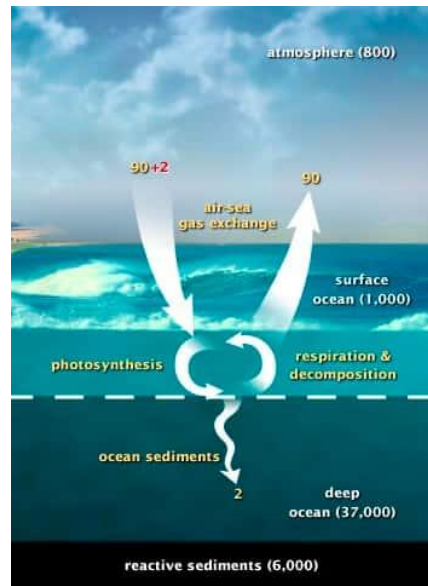


Figure 06 : ETAT DES ECHANGES DE CO₂ ENTRE L'ATMOSPHERE ET LES OCEANS.

La biodiversité microbienne de cycle du carbone dans le sol

La matière organique des sols représente aussi le réservoir continental de carbone le plus important, supérieur au stock de carbone présent dans la biomasse et dans l'atmosphère réunies. De faibles variations de la quantité de carbone organique présent dans les sols peuvent donc conduire à un changement significatif de la concentration en CO₂ atmosphérique.

L'entrée du carbone dans le sol résulte de la production primaire nette. Celle-ci correspond à la production primaire brute, ensemble du carbone organique produit à partir du CO₂ lors de la photosynthèse, à laquelle on soustrait la respiration des plantes.

Le carbone organique entre majoritairement dans le sol par voie racinaire, incluant les racines mortes et la rhizodéposition, un phénomène de libération de carbone organique vers le sol au niveau des racines permettant une meilleure pénétration dans le sol et facilitant l'acquisition de nutriments.

Les parties aériennes des végétaux contribuent également au flux entrant de carbone dans le sol de façon significative (feuilles et bois mort). Enfin, les apports associés aux consommateurs (excréments et cadavres) sont faibles,

La matière organique arrive dans le sol sous des formes variées.

Les apports issus des plantes se développant sur le sol vont être dominés par les tissus structuraux des plantes, constitués en majorité de cellulose et de lignine, ainsi que par des métabolites secondaires comme des sucres complexes ou des acides organiques, notamment au travers des exsudats racinaires. L'apport de compost et d'engrais organiques, de matières pyrogéniques (produits de la combustion incomplète des matières organiques), ou encore de plastiques peut affecter qualitativement et quantitativement la composition chimique des matières organiques entrantes.

Enfin, certaines entrées de carbone organique sont d'origine géologique ; par exemple, lorsque le sol est formé sur des roches mères naturellement riches en matières organiques comme des schistes.

Ces entrées aux sols sont ensuite transformées et redistribuées au sein du profil de sol par l'action de la faune, des micro-organismes et de l'eau.

Une action principalement mécanique résulte de l'activité de la macrofaune du sol qui va assurer la fragmentation de la litière et son mélange avec les autres composants du sol. La matière organique est alors redistribuée à l'échelle du profil de sol par la pédoturbation et le transport de l'eau.

L'efficacité de cette redistribution décroît exponentiellement avec la profondeur et concerne principalement les cinquante premiers centimètres.

Le sol est composé de matière minérale provenant de l'érosion des roches et de matière organique (l'humus) provenant de la décomposition partielle des végétaux.

La flore microbienne y est très variée comprend : en plus des champignons, des protozoaires, des algues, des virus, des bactéries qui sont les représentants les plus importants quantitativement,

Les bactéries abondent au niveau des racines des végétaux avec lesquels elles vivent en mutualisme en effet certaines bactéries vivent en symbioses dans les nodules des racines ou des tiges des légumineuses.

L'eau n'est pas toujours disponible dans les sols.

Les microorganismes tels que les bactéries ont mis en place des stratégies pour s'adapter aux périodes sèches. Les *Clostridium* et les *Bacillus* produisent des endospores ou d'autres types de spores chez les *Actinomycètes*.

Flore du sol

La flore du sol comprend les algues, les champignons, les actinomycètes, les bactéries et les Archées.

Le sol est mieux connu aujourd'hui pour ces fonctions nutritives et épuratrices et son implication dans le stockage, la transformation ou la production de nitrates ainsi que la rétention ou la dégradation des composés xénobiotiques. Le sol est au cœur des questions environnementales qui dépassent sa seule implication dans la production végétale. Le sol est un réservoir de la biodiversité des bactéries qui est un enjeu majeur pour l'industrie pharmaceutique puisque 70% des antibiotiques et anticancéreux proviennent des microorganismes du sol et qu'il existe un fort potentiel de nouvelles découvertes. (Figure 07). (Adjanooun A *et al*, 2017).

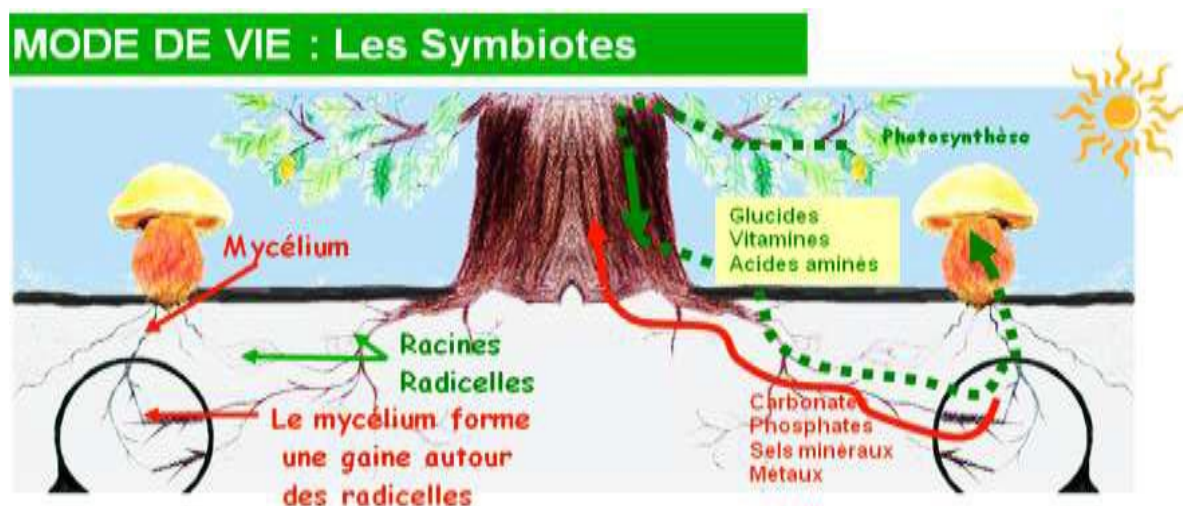


Figure 07 : Relation sol-plantes-microorganismes (Source : Anonyme, 2013).

Rôles des microorganismes dans le sol et importance de leur étude

Les nouvelles stratégies de développement agricole et environnemental nécessitent de porter plus d'attention au sol et en particulier à son fonctionnement biologique. La biologie du sol est une composante significative de la ressource du sol. Les microorganismes qui y vivent jouent un rôle essentiel dans sa fertilité et la production primaire. Ce sont, en particulier, les seuls décomposeurs ultimes de la matière organique ainsi que des acteurs nécessaires dans le recyclage des nutriments au sein des grands cycles biologiques (carbone, azote, phosphore et soufre).

A ce titre, les microorganismes constituent le « moteur terrestre » catalysant tous les processus biogéochimiques connus. Les fonctions utiles des microorganismes du sol dans la rhizosphère sont les suivantes :

- décomposition des résidus de plantes, d'animaux, de microorganismes et de déchets organiques à travers la dégradation de sources carbonées (lignolyse, cellulolyse et minéralisation), la synthèse d'humus (matière organique stable et liée), la minéralisation et l'immobilisation de l'azote, du soufre et du phosphore puis l'amélioration de la structure du sol (stabilité des agrégats) ;

- nutrition à travers l'augmentation de la disponibilité de nutriments pour la plante (P, Mn, Fe, Zn, Cu), les associations mycorhiziennes symbiotiques, la production d'agents organiques utilisables et les réactions d'oxydoréduction ;
- fixation biologique d'azote par les bactéries libres ou associatives avec des plantes non légumineuses et les bactéries symbiotiques fixatrices d'azote ;
- amélioration de la croissance des plantes (effet sur la germination, le développement floral, la biomasse racinaire et aérienne) à travers la production d'hormones de croissance pour les plantes et la protection des plantes contre des pathogènes et autres organismes nuisibles ;
- amélioration de la santé des plantes à travers la lutte contre les nématodes, les insectes et les mauvaises herbes ainsi que la protection contre des pathogènes ou autres organismes nuisibles ;
- épuration des sols et de l'eau par la biodégradation des pesticides et de contaminants exogènes notamment les hydrocarbures et les métaux (bio-rémédiation), la réduction des nitrates et le recyclage des nutriments ;
- épuration de l'air par la réduction de la production de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, CH₄) ;
- structuration du sol par la production de substances adhésives et l'agrégation de particules par des champignons filamenteux ;
- régulation des populations microbiennes à travers la prédation des bactéries par des protozoaires, l'antibiose et la compétition/commensalisme ;
- adaptation de plantes à des environnements sous contraintes par la sélection des plantes résistantes/tolérantes aux stress hydriques et l'amélioration de la croissance des plantes en milieu contaminé (phyto-stabilisation/ phyto-rémédiation) ;
- conservation et enrichissement des réservoirs de biodiversité avec des organismes d'intérêt biotechnologique (enzymes en agroalimentaire et agroindustrie) et pharmaceutique (antibiotiques, anticancéreux) (Adjanohoun A *et al*, 2017).

Les bactéries

Un aperçu sur les grands groupes de bactéries :

- **Les Deinococci et les Non-Protéobactéries Gram négatif** : suivant

l'organisation générale et la perspective de la seconde édition du Manuel de Bergey, nous avons les grands groupes de bactéries suivants :

-i- *Aquificae* et *Thermotogae* (Phyla), avec les bactéries thermophiles (*Phylum aquificae* qui contient les deux genres *Aquifex* et *Hydrogenobacter*) ;

-ii- *Deinococcus - Thermus* (Phylum) qui contient la classe *Deinococci* et les ordres *Deinococcales* et *Thermales*. Il y a trois genres dans le Phylum et le genre *Deinococcus* est le mieux étudié ;

-iii- Bactéries photosynthétiques, avec trois groupes de bactéries photosynthétiques Gram – (les bactéries pourpres, les bactéries vertes et les cyanobactéries) ;

- **Les Proteobactéries** : dans la famille des rhizobiaceae, les genres *Rhizobium* et *Agrobacterium* diffèrent l'un de l'autre car le premier contenant du poly- -hydroxybutyrate évolue en symbiose avec les nodules des cellules des plantes légumineuses en qualité de fixatrices d'azote atmosphérique qui est converti en ammonium et rendu disponible à la plante tandis que *Agrobacterium* cause des tumeurs aux plants surtout *Agrobacterium*

tumefaciens qui infecte la tomate (Crown gall tumor). Les bactéries nitrifiantes sont distribuées parmi l'alpha, bêta et gamma protéobactéries. Le manuel de Bergey les place à l'intérieur de trois classes et plusieurs familles (*Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrospira* et *Nitrococcus*, qui contribuent au cycle de l'azote).

Le genre *Burkholderia* comprend plusieurs espèces utilisant le PHB (poly- -hydroxybutyrate) dans leur carbone de réserve. L'espèce la plus importante est *Burkholderia cepacia* qui peut dégrader plus de 100 molécules organiques et est très active dans le recyclage des matériaux organiques dans la nature.

Les Actinomycètes sont une source de plusieurs antibiotiques utilisés en médecine et produisent plusieurs métabolites qui sont employés en tant qu'anti-cancer et anti-helminthes.

Ils détiennent une importance écologique et sont au premier abord des habitants du sol. Ils peuvent dégrader un nombre important et de variétés de composés organiques et sont extrêmement importants dans la minéralisation de la matière organique.

Les champignons

Ils sont des organismes filamenteux (moisissures) ou unicellulaires (levures) capables de se développer en saprophytes ou parasites sur tous les milieux, comme et avec les bactéries. Ce sont des hétérotrophes dépourvus de chlorophylle, ce qui les différencie à la fois des algues et des végétaux.

Les champignons mycorhiziens arbusculaires étant des symbiotes obligatoires, nécessitent-ils impérativement une plante hôte pour se développer et se reproduire. Pour établir la symbiose, le champignon colonise la racine avec son mycélium.

Avec les bactéries et peu d'autres groupes d'organismes chemoorganotrophes, les champignons fonctionnent comme des décomposeurs, un rôle d'une grande importance. Ils dégradent les matériaux organiques complexes dans l'environnement en composés simples. (Adjanooun A *et al*, 2017).