

Université de M'sila
Faculté des Sciences
Département de Biochimie et Microbiologie
1^{ère} année Master Microbiologie
Module d' Interaction Microbienne
Responsable du module
Boubekeur. H

Chapitre I

La matière organique (MO) de sol

La matière organique correspond à l'ensemble de la MO d'origine biologique qui se trouve dans la matrice du sol ou directement à sa surface ; elle prend en compte la MO déjà altérée. Elle est composée d'une mixture hétérogène de MO d'origine végétale, animale et microbienne, de MO vivante et de MO en décomposition. Elle renferme des molécules de tailles et de complexités différentes allant de simples monomères à des biopolymères complexes..

La MO est issue de la fragmentation et de la décomposition partielle de matières d'origine biologique. De nombreux organismes vivants, hétérotrophes trouvent dans la MO du sol une source de C et d'énergie, la MO présente dans les fractions granulométriques les plus fines est composée des molécules les plus récalcitrantes à la dégradation. Cette distribution de la MO est la conséquence de l'utilisation préférentielle des molécules les plus labiles c'est à dire de faibles poids moléculaires et linéaires par les microorganismes vivant dans le sol.

La MO interagit également avec la fraction minérale : formation de complexes organo-minéraux. L'adsorption de molécules organiques, tels que des polysaccharides microbiens, sur des surfaces minérales peut augmenter la stabilité de microstructures argileuses. Le Calcium (et par extension les éléments métalliques) a un rôle important de formation de ponts entre la MO et les surfaces minérales (argiles).

Ainsi associées avec les surfaces minérales, la MO échappe plus facilement aux attaques microbiennes. Elle ne leur est pas accessible et devient une forme de stockage du C.

La MO est considérée comme le principal agent agrégeant dans les sols. Les microorganismes la colonisent initiant ainsi sa décomposition. Les mucilages extracellulaires que les microorganismes excrètent collent ainsi les particules minérales et donnent forme à un macro agrégat. Ainsi, les MO influencent directement la structure du sol en se liant par adsorption ou par l'intermédiaire de ponts Calcium avec des particules minérales. Les MO influencent aussi indirectement la structure en étant une source d'énergie et de C pour les organismes décomposeurs du sol, ceci à l'échelle de centaines de μm voire plus (macro agrégats).

Quels microorganismes vivent dans les sols ?

La dénomination microorganismes est un terme générique pour désigner les organismes invisibles à l'œil nu, unicellulaires ou pluricellulaires. Il regroupe des organismes procaryotes (virus, bactéries, archaebactéries) et des organismes eucaryotes (champignons, algues, protozoaires).

Les champignons (règne des Eumycètes) sont des organismes pour la plupart pluricellulaires (sauf les Levures, unicellulaires) qui parcourent la porosité du sol grâce à des hyphes. Ces derniers forment un réseau de filaments ramifiés appelés mycélium. Un hyphe peut avoir un diamètre de 10 à 50 μm et une longueur de plusieurs millimètres. Ces dimensions les distinguent des hyphes d'Actinomycètes qui ont pour leur part des diamètres de 1-2 μm . Les Actinomycètes sont des bactéries dont la morphologie les rapprochent des champignons. Dans le sol en question, les bactéries sont entre 10^8 et 10^9 par g de sol. Bien que moins nombreux, les champignons représentent la plus importante part de la biomasse totale ; les hyphes peuvent représenter 1 km de long dans un gramme sec de sol. La majorité des cellules reconnaissables dans les sols ont des tailles inférieures à 0.3 μm de diamètre. En terme de diversité, 1 g de sol contient plusieurs milliers de différents génomes bactériens.

Impacts de la microflore sur la structure

Les microorganismes ont différents moyens d'action sur l'agrégation. Nous avons vu précédemment que les microorganismes jouent un rôle essentiel dans la formation d'agrégats en dégradant des particules organiques. Les microorganismes affectent les particules du sol en modifiant leur arrangement, en les agrégeant ou encore en les dégradant.

De façon globale, la biomasse microbienne est à l'origine de MO hydrophobe qui ralentit l'hydratation des agrégats diminuant ainsi leur déstabilisation par l'eau. Les teneurs en lipides notamment issus des microorganismes, corréleront bien avec la stabilité des agrégats.

Biofilm, polymères extracellulaires et agrégation

Les microorganismes se développent la plupart du temps en biofilm, ils sont alors entourés d'une matrice amorphe composée de polymères extracellulaires (dont des exo polysaccharides : EPS). Les EPS forment des ponts entre les feuillets d'argiles modifiant ainsi la microstructure et améliorant la cohésion. Par leur association avec les phases minérales du sol, les EPS permettent aux microorganismes de se créer un microenvironnement au pouvoir tampon par rapport aux variations des conditions physicochimiques du sol notamment hydriques.

Ainsi, la sécrétion d'EPS par des bactéries, des algues unicellulaires ou des champignons peut servir de noyau d'agrégation. L'action de stabilisation des bactéries agit surtout sur les micro agrégats

Les microorganismes filamenteux peuvent maintenir des ensembles de particules de façon mécanique en les entourant. Les champignons ont un rôle très important dans l'agrégation et la protection physique de MO dans les agrégats. Les hyphes de champignons participent à une échelle relativement grande ($>20 \mu\text{m}$) au « ficelage physique » des particules, ainsi ils stabilisent surtout les macro agrégats.

Un exemple de structure construite par l'activité des microorganismes

Les effets bénéfiques des cyanobactéries sur les propriétés physiques des sols des milieux arides ont été montrés par l'étude des croûtes biologiques. Ces dernières sont formées à la surface des déserts. Les cyanobactéries filamenteuses sont les microorganismes les plus abondants de ces croûtes. Les particules du sol se collent dans le filet gluant qu'elles forment ou à la surface de leur gaine polysaccharidique. Les Cyanobactéries sont des bactéries photosynthétiques, certaines d'entre elles sont aussi fixatrices d'azote. Ainsi, les cyanobactéries participent à la structuration du sol et à sa fertilisation.

Répartition des microorganismes dans le sol

Hétérogénéité des micro habitats dans le sol

Le terme micro habitat peut être défini d'un point de vue fonctionnel, comme étant le volume de sol dont les conditions physicochimiques influencent le comportement des bactéries qui, en retour, influencent voire contrôlent les caractéristiques physiques et chimiques de l'environnement dans cet espace. Cette définition permet de prendre en compte les fluctuations dans le temps et dans l'espace des micro habitats). Les communautés microbiennes sont des

groupe de populations, toutes les espèces vivant ensemble dans une aire

Les différents micro habitats du sol sont non seulement discrets mais aussi très variables et hétérogènes. Ceci est la conséquence de l'hétérogénéité des surfaces (qui sont plus ou moins recouvertes d'argiles, d'oxydes métalliques ou de MO) et des fluctuations de la solution du sol en termes de solutés organiques et inorganiques (en types et en concentrations). Tous ces paramètres peuvent varier de façon significative, même sur de très petites distances.

La variabilité de ces paramètres abiotiques a pour conséquence l'hétérogénéité des flores microbiennes rencontrées. Ainsi dans un échantillon de sol, peuvent être simultanément présentes des communautés autotrophes et hétérotrophes, aérobies et anaérobies, des cellules

actives et des spores, des procaryotes et des eucaryotes, des cellules aux tolérances et aux besoins vis à vis du pH, de la température ou des pressions osmotiques très différents.

Il y a deux types de microenvironnement sur la base de la taille des pores de sol: le compartiment interne constitué des pores internes aux agrégats de diamètre 2-6 μm (la microporosité) et le compartiment externe constitué des pores entre agrégats (macroporosité) et de la surface des agrégats. Cette différenciation repose sur les différences de conditions physicochimiques locales dans les deux classes de porosité considérées. Le principal facteur de différence est l'eau. En effet, elle reste retenue par capillarité dans le compartiment interne alors qu'elle ne l'est pas dans le compartiment externe. En plus de leurs impacts directs sur les microorganismes, les variations de teneur en eau sont à l'origine de multiples différences entre les microenvironnements : en termes de disponibilité des nutriments, de diffusion de l' O_2 , d'exposition à des polluants de mobilité des microorganismes, etc. Des différences en termes de prédation existent aussi : les nématodes sont exclus des pores les plus petits ; les microorganismes y vivant échappent alors à leur éventuel prédateur.

Distribution des microorganismes dans le sol

Les bactéries et les algues unicellulaires peuvent vivre libres ou attachées aux surfaces, localisées dans les pores remplis d'eau ou bien dans le film d'eau restant en surface de pores remplis d'air. Accrochées aux surfaces, elles peuvent se développer comme des cellules isolées, des micro colonies ou bien en biofilm. Les champignons ont les mêmes localisations mais grâce à leur taille, ils peuvent aussi parcourir des pores secs

La surface attribuable à une population bactérienne de 10^{10} cellules/g de sol est faible par rapport à la surface spécifique totale. Selon Young *et al.* (2004) bien moins de 0.01% de la surface d'un sol est colonisée par des microorganismes. Leur distribution n'est ni aléatoire, ni uniforme. Elle est conditionnée par la répartition des micro habitats.

La distribution des microorganismes est conditionnée par un apport en eau suffisant, par la répartition des sources carbonées et des nutriments. Selon le même auteur, 64% des bactéries vivent sur des particules organiques alors que celles-ci ne représentent que 15% du volume du sol. Leur développement est très stimulé par l'apport d'une source de C très labile.

Ainsi, les microorganismes se répartissent sur les surfaces et dans les pores du sol et leur distribution est largement conditionnée par des paramètres biotiques (prédation, compétition, symbiose, succession) et abiotiques (architecture porale, eau, nutriments).