CHAPITRE 3 : MICROBIOLOGIE DU SOL

Le sol est formé par la transformation d'une roche mère sous l'influence de facteurs physiques, physico-chimiques et biologiques. On peut définir le sol en tant que pédosphère, comme étant l'intersection des : lithosphère, hydrosphère, biosphère et atmosphère, modifiée au cours du temps et éventuellement sous l'action de l'homme.

1. Les composants du sol :

Le sol est constitué de particules minérales de taille, de forme et de composition variables, d'organismes vivants, de matière organique à différents stades de décomposition, de gaz, d'eau et d'éléments minéraux dissous. Ces composants ne sont, bien entendu, pas mélangés de façon homogène et l'on peut distinguer, dans un sol, différents niveaux d'organisation qui s'échelonnent des colloïdes (complexe argilo-humiques = association entre particules d'argile et matière organique), jusqu'aux horizons pédologique et aux macro-environnements tels que la rhizosphère.

La formation de complexes argilo-humiques et d'agrégats est la caractéristique structurale principale de la majorité des sols. Les complexes argilo-humiques se forment grâce à la production par la microflore et les racines des plantes de filaments et de mucilage qui se combinent avec les particules argileuses. La structure du sol se développe ensuite, lorsque des forces physiques (dessiccation, gonflement-réduction de volume, alternance de gel et de dégel, action des animaux....) induisent la formation d'agrégats. L'agrégation est l'un des facteurs principaux contrôlant l'activité microbienne du sol et le cycle de sa matière organique.

Composants minéraux

Les composants minéraux résultent de l'altération de la roche mère et d'apports exogènes résultant de l'érosion. Les particules minérales sont classées en fonction de leur taille et l'on distingue traditionnellement les catégories suivantes:

Type de particule	Diamètre (mm)
Gravillons	> 2,00
Sables grossiers	2,00 à 0,20
Sables fins	0,20 à 0,05
Limons grossiers	0,05 à 0,02
Limons fins	0,02 à 0,002
Argiles	< 0,002

Créé par la version démo de Universal Document Converter. La version complète n'ajoute pas ce texte.
FR.PRINT-DRIVER.COM

La teneur relative en sables, limons et argiles détermine la texture des sols et leur classification dans des groupes de texture (ex: sable argileux, limon argilo-sableux etc...).

La texture détermine en partie le niveau d'agrégation des sols et influence leurs activités biologiques.

La teneur et la nature des argiles du sol sont des caractéristiques importantes qui conditionnent la taille des pores du sol et sa capacité de retenir l'eau. La fraction argileuse du sol est celle qui a le plus d'influence sur les microorganismes du sol en raison des surfaces importantes auxquelles elle correspond et des phénomènes d'absorption qui s'y développent. Un gramme d'argile (particules < 2µm) peut contenir plus de 10^{10} particules qui correspondent à une surface totale d'environ 8 x 10^6 cm^2. La fraction argileuse est particulièrement riche en éléments minéraux et contient de la silice, de l'oxygène et de l'aluminium ainsi que les éléments suivants: Fe, Mg, K, Ca, Na.

L'eau et l'air

L'eau contenue dans les agrégats influe de deux façons principales sur l'activité des microorganismes dans les agrégats :

• l'espace disponible à la croissance augmente avec la teneur en eau, qui est donc un facteur positif,

• la diffusion de l'oxygène diminue avec la teneur en eau, le coefficient de diffusion étant 1000 fois plus faible dans l'eau que dans l'air, l'augmentation de la teneur en eau est alors un facteur négatif.

Ces deux effets s'opposant, il y a donc en général un optimum de teneur en eau pour l'activité microbienne dans un sol, cette valeur dépendant évidemment de la texture et de la structure. Par exemple, l'activité nitrifiante ou sulfooxydante est maximum pour des teneurs en eau correspondant à pF 2,5, c'est à-dire une valeur limite entre eau capillaire et gravitaire.

Dans les sols inondables où l'activité de certains groupes de bactéries anaérobies est importante (sulfatoréductrices, fixatrices d'azote, méthanogènes, etc), cette activité augmente avec la teneur en eau, l'optimum étant atteint avec la saturation.

Matière organique

Le sol contient différentes sortes de matières organiques qui peuvent être groupées en quatre grandes classes. La quantité et la nature des matières organiques présentes dans le sol déterminent pour une large part, les caractéristiques de celui-ci et conditionnent sa fertilité. Il est important pour l'écologiste et l'agronome de distinguer la matière organique propre au sol, c'est à dire l'humus au sens strict, et les substances étrangères, incomplètement ou non transformées qui lui sont simplement mélangées.

Créé par la version démo de Universal Document Converter. La version complète n'ajoute pas ce texte.
FR.PRINT-DRIVER.COM

La prépondérance de fractions non humifiées dans un sol indiquent souvent une activité biologique réduite, elle conduit à la constitution d'un stock d'éléments nutritifs inutilisé et à l'apparition de substances agressives mobiles dégradant le sol.

La dominance de fractions humifiées correspond souvent à des sols de bonne structure, d'activité microbiologique intense et à des cycles d'éléments nutritifs équilibrés. Dans ces sols, la matière organique est compléxée avec les argiles. Elle contribue à l'agrégation du sol et sert de tampon pour les éléments nutritifs. Toutefois il existe aussi des humus inertes et des substances humiques mobiles. La distinction entre matière organique humifiée et non humifiée n'est donc pas absolument tranchée sur le plan écologique.

Les substances humiques sont principalement des polyphénols, de chaîne assez courte, polymérisés avec des composés phosphorés ou soufrés. On distingue traditionnellement, à partir de méthodes d'extraction chimiques par des solvants alcalins, trois grands types de fractions humiques:

• Les acides fulviques: extractibles et demeurant dissous ou dispersés après acidification.

• Les acides humiques, extractibles mais précipitant à pH 1.

• L'humine, résidu non extractible.

Grandes classes de matière organique du sol

Edaphon	Organismes vivants: microflore, microfaune, mésofaune
Matière organique fraîche sensu stricto = Apports = Matière organique non décomposée	Litières, Feuilles mortes, tiges et brindilles. Résidus de récolte. Racines mortes. Exsudats racinaires. Biomasse microbienne morte. Cadavres d'animaux.
Matière organique non humifiée = "Humus" libre = Matière organique labile = Matière organique en cours de décomposition et d'humification	Fraction légère à C/N élevé, facilement biodégradable, pouvant être séparée des argiles par des moyens physiques. Cette fraction s'identifie souvent avec les litières en décomposition. L'organisation cellulaire, nette dans les résidus jeunes, tend à disparaître au cours de l'humification
Matière organique humifiée = Humus sensu stricto	Fraction dense à C/N voisin de 10, résistant plus ou moins à la biodégradation, liée aux argiles et non séparable de celles-ci par des moyens physiques. Comprend acides fulviques et humiques et humine

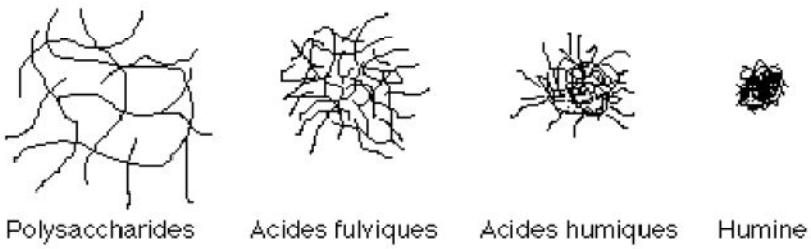

Fig. 3.4. Représentation schématique des composants de l'humus

Créé par la version démo de Universal Document Converter. La version complète n'ajoute pas ce texte.
FR.PRINT-DRIVER.COM

2. LES GRANDS GROUPES DE MICROORGANISMES DU SOL

Dans le sol, les microorganismes sont représentés par quelques métazoaires, des protozoaires, des algues microscopiques, des champignons, des bactéries, des actinomycètes, des cyanobactéries et des virus.

Tableau 2.1. Principaux taxons de microorganismes Du sol

Grands groupes	Taxons considérés comme importants dans le sol	Commentaires
Virus		
Procaryotes photosynthétiques	Cyanobactéries	Ex. Cyanophycées (algues)
	Bactéries pourpres et vertes	
Bactéries	Pseudomonales chimio-autotrophes	
	Pseudomonales chimio-hétérotrophes	
	Eubactériales	
	Protistes inférieurs	
Actinomycètes	Mycobactériacées	Les Actinomycètes sont des bactéries Gram + à structure végétative de type mycélien
	Actinomycétacées (ou Proactinomycètes)	
	Streptomycétacées	
	Actinoplanacées	
Champignons	Moisissures à plasmodium	
	Champignons à flagelle	
	Zygomycètes	
	Champignons supérieurs	
	Champignons imparfaits	
Algues	Algues vertes	
	Euglèniens	aussi dans les Protozoaires
	Algues jaunes, Diatomées	
Protozoaires	Amibes	
	Testacés	
	Flagellés	
	Ciliés	

Les bactéries forment généralement le groupe le plus important numériquement dans le sol. Toutefois les comptages de microorganismes ne reflètent que très imparfaitement l'image de la microflore des sols et il serait plus réaliste d'exprimer les données en termes de biomasse. Dans les sols exondés les champignons constituent fréquemment le composant majeur en termes de biomasse. Dans les sols submergés, suivant la productivité de l'eau de submersion, ce sont les algues ou les bactéries qui dominent la biomasse microbienne.

Créé par la version démo de Universal Document Converter. La version complète n'ajoute pas ce texte.
FR.PRINT-DRIVER.COM

Tableau 2.13. Ordre de grandeur des densités et biomasses de microorganismes dans les sols.

Organismes	Numérations	Biomasse
Bactéries	Numération sur milieu liquide ou solide: 10^5 - 10^8 g^{-1} sol sec Comptage direct : 10^8 - 10^{10} g^{-1} sol sec	100 à 4000 kg poids frais ha^{-1}
Actinomycètes	10^5 - 10^8 g^{-1} sol sec	
Champignons	10^4 - 10^6 g^{-1} sol sec	10 à 1000 m d'hyphes g^{-1} sol 50 à 5000 kg poids frais ha^{-1}
Algues et cyanobactéries	sols exondés: 10^2 - 10^4 g^{-1} sol sec sols submergés: 10^3 - 10^8 g^{-1} sol sec	sols exondés: 0 à 500 kg poids frais ha^{-1} sols submergés: 0 à 30 000 kg poids frais ha^{-1}
Protozoaires	10^3 - 10^5 g^{-1} sol sec	?

3. IMPORTANCES DES MICROORGANISMES DANS LE SOL

Les microorganismes ont un effet bénéfique sur la fertilité du sol, la croissance des végétaux et l'abondance des récoltes, par:

- Certaines espèces microbiennes (bactéries et champignons) mettent à la disposition des plantes des substances qu'elles ne peuvent pas synthétisées eux même ou les rendent plus accessibles. Par exemple par la libération des éléments nutritifs à partir de la matière organique et des minéraux du sol, les bactéries *(Bacillus mucilaginosus)* consomment du C et de l'azote pour vivre et solubilisent le P et le S et les oligoéléments. Ou par exemple l'oxydation de l'ammonium en nitrate, certaines bactéries (*Rhizobium, Azotobacter*) fournissent des nitrates contre du sucre.
- Ils produisent de l'humus par suite de la décomposition des cadavres d'animaux et de débris végétaux.
- Les végétaux établissent des relations symbiotiques avec des mycètes formant des mycorhizes (Ectomycorhize : développement du mycète à l'extérieur des racines et les endomycorhize : développement du mycète à l'intérieur des racines entre les cellules), qui permettent l'absorption par les racines de plus grandes quantités de minéraux et contrôle les échanges, sans eux la croissance serait plus lente, les végétaux seraient plus petits et plus sensibles aux maladies.
- D'autres microorganismes en particulier les bactéries produisent des hormones de croissance qui favorisent le développement racinaire ex de PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) *Bacillus subtilis* ou des espèces *de Pseudomonas.*

Créé par la version démo de Universal Document Converter. La version complète n'ajoute pas ce texte.
FR.PRINT-DRIVER.COM

- D'autres microorganismes entre en compétition avec des microorganismes pathogènes limitant ainsi les risques de maladies, c'est la lutte biologique.
- La dégradation de polluants (Bioremédiation) et fournissent des composés d'intérêts (antibiotiques, antiviraux, enzymes...).

En revanche les microorganismes peuvent aussi avoir un effet néfaste, quelques bactéries, mycètes, virus et viroïdes peuvent infecter certaines plantes et causer des dommages importants aux racines, aux feuilles et aux fleurs.

Ex : la rouille des haricots (*Pseudomonas phaseolicola),* le mildiou de la pomme de terre (*Phytophtora infestans),* la mosaïque du tabac (virus de la mosaïque*),* pour les lesquelles il existe des agents phytosanitaires (insecticides et pesticides) mais difficilement biodégradables.

Créé par la version démo de Universal Document Converter. La version complète n'ajoute pas ce texte.
FR.PRINT-DRIVER.COM