

I-Rôle des micro-organismes dans la minéralisation de la matière organique

***La matière organique du sol (MOS)** désigne une large gamme de composés allant des organismes vivants à la matière organique morte de degrés de dégradation, de composition et de complexité variables. Elles se répartissent en les matières Organiques Vivantes (MOV), **Matières Organiques fraîches(MO) et des composés organiques stabilisés (MO stable)**.

*** Matières Organiques fraîches(MO)** : elles composent les MO facilement décomposables et on trouve 2 principales composantes : Les débris d'origine végétale ou animale (résidus végétaux, exsudats, déjections, cadavres) et Les produits transitoires (métabolites).

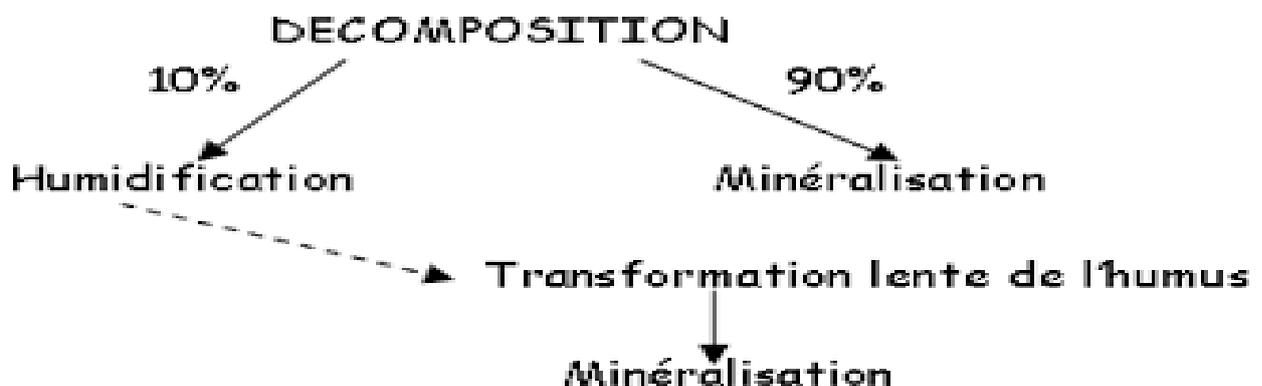
***MO stable** : elles comprennent les substances humiques (acides fulviques, acides humiques, et humines) d'une part, et les composés inertes d'autre part (charbon...).

*** La Minéralisation** C'est le passage du monde organique au monde minéral. Ce processus se déroule en plusieurs étapes :

1- *La minéralisation primaire* : est un processus **assez rapide**. Il aboutit à la libération de substances nutritives par désagrégation et dépolymérisations successives des **matières organiques jeunes**. Cette phase se déroule essentiellement sous l'action de **la faune du sol et des microbes (champignons et bactéries)**.

*Ces matières minérales peuvent être assimilées par **les plantes**, adsorbées sur le complexe **argilo-humique**, perdues par **lessivage** ou reprise par **certains microbes**.

2- *La minéralisation secondaire* : est au contraire un processus **très lent**, à raison de 2 – 3 % par an. Elle affecte l'humus formé depuis de nombreuses années et libère des quantités annuelles d'éléments nutritifs considérables qui sont mis à disposition des plantes.



Les microorganismes et la minéralisation Les microorganismes décomposeurs sont chimioorganotrophe. Ils dégradent les matières organiques en matières minérales.

* **les bactéries** font partie des décomposeurs les plus actifs et les plus importants des matières organiques sur Terre. Elles sont les premières à attaquer les matières animales et végétales afin d'en absorber notamment l'azote et le carbone.

- Un sous-groupe a une grande importance : **les actinomycètes** car elles peuvent dégrader la cellulose et la lignine. On trouve les actinomycètes qui montrent **des degrés variés de ramification** (les *Corynebacteria*, les *Nocardia*), ces bactéries jouent un rôle majeur dans la dégradation des hydrocarbures, des végétaux âgés, l'humus du sol et certains membres de ces groupes dégradent activement les pesticides. **Les actinomycètes filamenteux**, principalement du genre *Streptomyces*, produisent un composé aromatique appelé géosmine, qui donne au sol son odeur terreuse caractéristique.

La décomposition du matériel végétal pour aboutir à la matière organique en trois étapes :

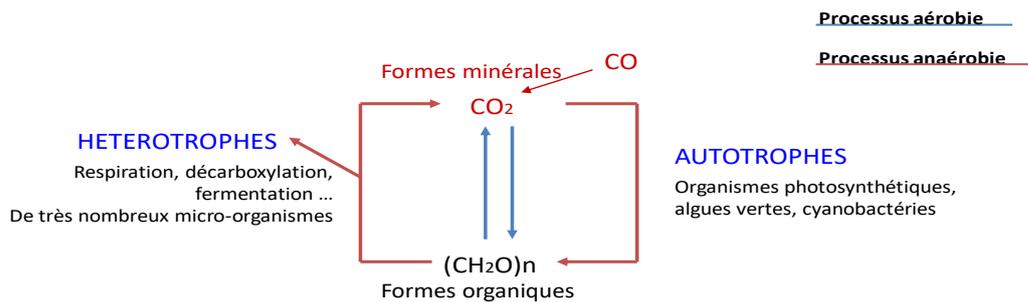
- 1) certains micro-organismes tels que *Pseudomonas* métabolisent rapidement les substrats facilement utilisables tels que les sucres et les acides aminés.
- 2) les composés complexes tels que la cellulose est dégradée par des micro-organismes possédant des cellulases tels que *Streptomyces*, *Pseudomonas* et *Bacillus*.
- 3) les composés plus résistants tels que la lignine sont enfin décomposés. Les formes indigènes ont tendance à utiliser la matière organique native à une plus grande mesure. Il s'agit notamment du genre *Arthrobacter* et nombreux actinomycètes du sol.

* **Les communautés fongiques** présentent des successions bien marquées. **Les champignons de la pourriture brune** (*Basidiomycètes*), dégradent efficacement la cellulose et les hémicelluloses, difficilement la lignine. **Les champignons de la pourriture blanche** (les finisseurs) *Pestalotiopsis* et *Cladosporium Trichoderma*, *Penicillium*, *Umbelopsis*, et *Chaetomium*... Pool très important d'activités enzymatiques pouvant permettre, dans certains cas, une minéralisation complète de tous les polymères organiques constitutifs des litières.

II. Rôle des microorganismes dans les cycles de C et N

1. Le cycle du carbone Le cycle biogéochimique primaire est le cycle du carbone. La quantité de carbone dans les réservoirs de la Terre doit être maintenue en équilibre avec la quantité recyclée. Le carbone peut être présent sous formes réduites, tels que le méthane (CH₄) et la matière organique (carbone organique), et sous des formes oxydées, tel que le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂) et la calcaire (CaCO₃).

Le cycle du carbone : forme simplifiée



***La photosynthèse et la décomposition** C'est la première étape du cycle de carbone dans laquelle les photo-autotrophes tels que **les cyanobactéries, les algues et les bactéries sulfureuses vertes et pourpres** incorporent le dioxyde de carbone dans la matière organique à partir d'énergie solaire.

Il ya deux groupes d'organismes phototrophes oxygénés : **les plantes et les micro-organismes**. Les plantes sont des organismes phototrophes dominantes des milieux terrestres, tandis que les micro-organismes phototrophes dominant dans les milieux aquatiques. Le cycle d'oxydo-réduction du carbone commence par la fixation photosynthétique du CO₂, sous l'influence de l'énergie lumineuse.



Dans l'étape suivante du cycle, les chimio-hétérotrophes tels que les animaux et les protozoaires se nourrissent d'autotrophes, et peuvent à leur tour être mangés par d'autres animaux. Lorsque les plantes et les animaux meurent, ces composés organiques sont

décomposés par les bactéries et les champignons. Au cours de la décomposition, les composés organiques sont oxydés, et le CO₂ est recyclé.



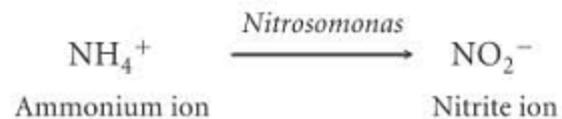
- Les composés organiques sont dégradés biologiquement en CH₄ et CO₂.

2-Le cycle de l'azote

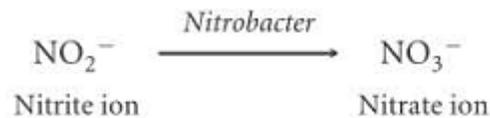
Ammonification : les groupes amines des acides aminés résultent de la décomposition des protéines, sont éliminés et transformés en ammoniacque (NH₃, gaz).

Dans les sols humides ou après la pluie l'ammoniacque devient des ions d'ammonium (NH₄⁺)

La Nitrification : L'oxydation de NH₃ en NO₃⁻. La nitrification est un processus aérobie à deux étapes. Dans la première étape *Nitrosomonas* oxyde l'ion ammonium en nitrites



Dans la seconde étape des microorganismes tels que *Nitrobacter* oxyde les nitrites en nitrates



La dénitrification : Processus respiratoire anaérobie.

* Respiration nitrique

*Respiration nitreuse. Ou on obtient le gaz N à partir les nitrites ou les nitrates

La Fixation de l'azote

L'azote gazeux (N₂) est la forme la plus stable de N et est un important réservoir de N sur la Terre. Parmi les bactéries libres qui peuvent fixer l'azote citons des espèces aérobies

telles qu'*Azotobacter*, *Beijerinckia* et certaines espèces anaérobies de *Clostridium*. Il existe aussi de nombreuses espèces aérobies de cyanobactéries photosynthétiques qui fixent aussi l'azote. L'azote recyclé sur Terre est le plus souvent déjà « fixé », qui est en combinaison avec d'autres éléments, tels que dans l'ammoniac (NH₃) ou des nitrates (NO³⁻).

III- l'écologie microbienne

Est l'étude du comportement et des activités des micro-organismes dans leurs environnements naturels et a fait remarqué que les micro-organismes sont petits et leurs environnements sont aussi petits (micro-environnements).

Interactions interspécifiques

Les micro-organismes peuvent être associés à d'autres organismes de multiples façons :

- 1- S'installe à la surface d'un autre : **ectosymbiote**.
- 2- Lorsqu'ils sont dissemblables mais de taille similaire on parle de **consortium**
- 3- S'installe à l'intérieur d'un autre : **endosymbiote**.
- 4- Il ya aussi de nombreux cas où les micro-organismes vivent à la fois à l'intérieur et à l'extérieur d'un autre organisme : **ecto/endosymbiote**.

*Les interactions qui se produisent entre représentants de deux espèces différentes peuvent être neutres, négatives ou positives.

- a) Le **neutralisme** correspond a une situation où deux espèces occupent le même habitat, mais pas la même niche.
- b) La **compétition** est une interaction négative la où deux (ou plusieurs) espèces occupent le même habitat et ont besoin, par exemple, de la même nourriture. Souvent l'espèce qui est la plus affectée par cette compétition est éliminée, tandis que l'espèce qui survit prospère.
- c) L'**amensalisme** est une interaction négative entre deux espèces dans laquelle une inhibe le développement de l'autre.
- d) Le **parasitisme** et la **prédation** sont les formes extrêmes d'interaction négatives. Le parasitisme: c'est la relation entre 2 organismes où l'un vit aux dépens de l'autre qui peut subir des dommages. Le parasitisme soit intracellulaire Ou extracellulaire. Dans le cas de la **prédation**, une espèce vit de proies -le **prédateur** - tandis qu'une autre espèce est la **proie**.
- f) La **proto-coopération** est une relation positive dans laquelle les deux partenaires profitent de leur association, sans qu'elle soit obligatoire pour aucun d'eux.

g) **Le commensalisme** est une relation positive où l'hôte n'est affecté de façon ni positive, ni négative, mais où l'espèce commensale (celle "qui mange à la même table") dépend de l'hôte pour sa survie.

h) **Le mutualisme** est une relation positive qui est obligatoire pour les deux partenaires, aucun d'eux ne pouvant survivre en son absence.

i) **Le Syntrophisme** association de deux microorganismes, qui coopèrent pour une activité métabolique globale bien précise sans que leur dépendance mutuelle ne puisse être remplacée par une simple addition de substrat ou de nutriment.

IV-Relation des microorganismes et les plantes

1. Micro-organismes de la phyllosphère

Une grande variété de micro-organismes se trouvent sur les surfaces et dans les parties aériennes des plantes, appelée la phyllosphère. Il s'agit notamment de micro organismes qui ont des interactions complexes avec la plante à différents stades de développement. Les feuilles et les tiges libèrent des composés organiques, et cela peut conduire à un développement massif de micro-organismes, incluant les *Sphingomonas*, qui peuvent survivre à des niveaux élevés de rayonnement UV. Cette bactérie, aussi commune dans les sols et les eaux, peut se produire à 10^8 cellules par gramme de tissu végétal. Les *Sphingomonas* représentent souvent la majorité des espèces cultivables. Les micro-organismes de la phyllosphère jouent un rôle important dans la protection mais peuvent éventuellement nuire à la plante.

2. Micro-organismes de la rhizosphère et du rhizoplan

La rhizosphère, est représentée par le volume de sol autour de la racine influencé par les substrats rejetés par la plantes. La surface de la racine de la plante, appelée **rhizoplan**. Les micro-organismes de la rhizosphère et du rhizoplan, servent à leurs tours de sources de nutriments labiles pour d'autres organismes, créant ainsi une **boucle microbienne du sol**.

Dans la rhizosphère une large gamme de bactéries peut **favoriser la croissance** des plantes, en communiquant avec celles-ci au moyen de **signaux chimiques complexes**. Ces signaux chimiques, incluent des **auxines, gibbérellines, glycolipides, et cytokinines**. Parmi les **rhizobactéries** qui promouvoient la croissance des plantes (PGPR) on retrouve les genres *Pseudomonas* et *Achromobacter*.

Les micro-organismes tels que *Azotobacter*, *Azospirillum* et *Acetobacter* fixant l'azote sont présents sur la surface des racines des plante, **le rhizoplan**, ainsi que ceux présents dans la rhizosphère contribuent à l'accumulation d'azote par les graminées tropicales.

Ces bactéries favorisent la production d'hormones qui augmentent la croissance et le développement des radicelles et donc une plus grande capacité de la plante à absorber les substances nutritives.

La plupart des mutualismes entre les plantes et les micro-organismes accroissent la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes ou augmentent leurs défenses contre les agents pathogènes. Parmi ces phénomènes mutualistes on peut citer les **mycorrhizae ; les nodules racinaires ; endophyte pathogène.**

Mycorhizes

Il s'agit d'un phénomène fondamental et universel qui s'élabore au niveau du système racinaire des plantes vasculaires et des bryophytes. Les organes résultant de cette association sont appelés mycorhizes. D'origine gréco-latine, le terme mycorhize (« mukês » pour champignon et « rhiza » pour racine) décrit de nombreuses et diverses associations racine-champignon.

Les champignons mycorhiziens utilisent les hydrates de carbone élaborés par les plantes hôtes (n'utilisent pas le carbone organique comme le font le reste des champignons). En contrepartie ils permettent une absorption accrue d'éléments nutritifs : favorisent l'absorption hydrique, la nutrition minérale et parfois sécrètent des hormones ou des antibiotiques.

Les principales associations mycorhizienne sont : les endomycorhizes, aussi connu sous le nom de vésiculeux et arbusculeux ; et ectomycorhizes.

Ectomycorhizes:* surtout sur espèces ligneuses. Dominant dans les forêts de conifères et alpines jusqu'aux savanes. Le champignon pousse autour des racines (manteau** = site de transfert des nutriments) et ne pénètrent pas dans les cellules du cortex racinaire.

Endomycorhizes* Le champignon pousse dans les cellules du cortex racinaire. Appelées MA: mycorhizes arbusculaires à grandes spores. Formation **d'arbuscules = site de transfert de nutriments.

**Ectendomycorhizes* (deutéromycète) qui sont des types d'associations intermédiaires entre les deux formes précédentes, un manteau externe coexiste avec des hyphes qui pénètrent à l'intérieur des cellules racinaires, soit sous forme de pelotons, soit sous forme d'hyphes très courtes.

Micro-organismes formant des nodules racinaires

Un mutualisme plante-bactérie d'une grande importance pour l'homme est celui des légumineuses/ bactéries fixatrices d'azote. Les genres *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, et d'autres infectent les racines de légumineuses.

* Les *Rhizobiums* sont spécialement adaptés pour certaines espèces de légumineuses, sur lequel ils forment des nodules racinaires.

***Étapes de Formation des nodules**

1. Une reconnaissance du partenaire correct à la fois par la plante et par la bactérie et l'attachement de la bactérie aux poils de la racine.
2. La sécrétion de molécules de signalisation d'oligosaccharides (facteurs nod) par la bactérie.
3. L'invasion bactérienne des poils de la racine.
4. Mouvement des bactéries à la racine principale par l'intermédiaire du canal d'infection.
5. Formation de cellules bactériennes modifiées (bactéroïdes) dans les cellules et le développement de l'état de fixation d'azote par les plantes.
6. La division cellulaire bactérienne et celle de la plante continue et on observe la formation du nodule mature.

Un autre mécanisme de formation de nodules qui ne nécessite pas de facteurs nod est utilisé par certaines espèces de rhizobia phototrophes. Ce mécanisme n'a pas encore été élucidé, mais semble nécessiter la production bactérienne de cytokinines. Les cytokinines sont des hormones végétales, des dérivés d'adénine ou phénylurée, nécessaires pour la croissance et la différenciation cellulaires.

V. rôle des micro-organismes dans la dépollution

La biodépollution ou bioremédiation est l'utilisation d'organismes vivants, et plus particulièrement de micro-organismes (champignons, bactéries), pour éliminer les polluants toxiques des différents milieux naturels. Le métabolisme microbien étant souvent limité par des facteurs environnementaux, l'objectif de la biodépollution est d'optimiser ces facteurs afin d'augmenter la densité et l'activité des populations microbiennes pour accélérer la décontamination des sites pollués.

L'action des micro-organismes dans la défense de l'environnement relève d'une constatation ancienne, mais l'importance de ce rôle n'est réellement apparue qu'au début du XX^e siècle. En effet, les micro-organismes sont capables de transformer la plupart des polluants inorganiques et organiques. Pour ces derniers, la biodépollution consiste en une élimination complète d'un composé (biodégradation) avec comme seul rejet des produits simples tels que l'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, l'hydrogène, etc.