

Fonctions écologiques : Décomposition de la matière organique

Décomposition de la matière organique

EFESE, Cadre conceptuel

Fonctions écologiques

Divisions	Groupes	Fonctions
Maintien du bon état (conditions physiques, chimiques et biologiques) des écosystèmes	HABITATS & ESPECES	– Décomposition

La matière organique du sol

Dictionnaire-environnement.com, 12/2013

La matière organique du sol est constituée d'une fraction dite libre (résidus animaux et végétaux, substances organiques chimiquement bien définies, biomasse microbienne) et d'une fraction dite liée formée de produits relativement stables, adhérant à la fraction minérale, regroupés sous le terme d'humus. Le taux de matière organique du sol ne représente en général que quelques pourcents (0,5 à 10 %) de la masse du sol.

La formation de l'humus

P. Duvigneaud, La synthèse écologique, 1974

La litière

Le sol est constamment enrichi en débris végétaux, cadavres d'animaux et déchets de leur métabolisme. Tous ces détritiques organiques, forment la litière, source de vie pour d'autres organismes de petites dimensions. Ces micro-organismes libèrent le gaz carbonique et les substances minérales qui permettront, par de nouvelles photosynthèses, la fabrication renouvelée de matière organique fraîche.

Cette vie intense du sol se développe sur un substrat minéral provenant de la désintégration mécanique et de la décomposition chimique des roches-mères formant la partie superficielle de la lithosphère. La désintégration mène à un squelette grossier (sable) ou fin (limon); la décomposition chimique, accompagnée de la dissolution d'éléments basiques, aboutit à l'élaboration d'une fraction argileuse.

La litière est humectée et tassée au sol par les pluies. Il se produit, à ce moment un lessivage considérable des sels solubles. Les détritiques organiques ainsi imbibés s'entourent de films d'eau qui deviennent de véritables bouillons de culture où foisonnent des bactéries, des amibes, des rotifères, des flagellates, des algues bleues ou vertes, le tout envahi par le mycélium de champignons divers. C'est cette masse ramollie en voie de digestion qui est mise à disposition des décomposeurs animaux.

La désintégration de la litière par les animaux

Les initiateurs du travail en chaîne de décomposition de la litière sont principalement les arthropodes et les lombrics (saprophages).

Le rôle des arthropodes, également dévolu aux limaces et aux escargots, consiste à fragmenter les feuilles, et débris végétaux, à les émietter, à les transformer par digestion en un granulé ou une poudre brune d'excréments globuleux, qui se mêlent sans s'y combiner à des tissus végétaux non ingérés et à des particules de sol, pour former une matière pulvérulente : **le moder**, forme d'humus très répandue **sur les sols pauvres**. Le composte formé par le moder est un milieu favorable aux activités micro-biologiques de décomposition.

Sur les sols riches et frais, le travail est poussé plus loin par l'action des lombricidés. Ces vers ingèrent un mélange de débris organiques et de terre. D'autres oligochètes, les enchytraeides, qui ont le même mode alimentaire, peuvent résister à plus de sécheresse et à une plus grande acidité. La matière travaillée par les lombrics est un mélange complexe d'argile et de colloïdes organiques ; la matière végétale entièrement digérée et transformée en humus est incorporée à l'argile et il se forme des complexes argilo-humiques dont les éléments ne peuvent plus être séparés mécaniquement et que l'on appelle **mull** ou humus doux.

Sur sol pauvre et acide, la litière fournie par un tapis végétal frugal, est également pauvre et indigeste à cause de sa haute teneur en fibres lignifiées. Dans ces circonstances, l'action des lombrics, des myriapodes et protozoaires divers est faible ou nulle. Les animaux saprophages ne semblent pas à même de consommer une masse importante de matière organique ; de sorte que celle-ci tend à s'accumuler progressivement sur le sol. Ainsi la litière, tissée d'un réseau très dense de filaments mycéliens, et lentement digérée sur place par des consommateurs diffus, se tasse sans fragmentation notable de ses composants en une sorte de galette noire que l'on appelle **mor**. À cause de son mode spécial de formation, le mor est exclusivement composé de matières organiques.

*Dissolution hydrolitique par
la microflore du sol :
champignons et bactéries*

Parallèlement à la désintégration mécanique de la nourriture de base par une foule de petits animaux, se développent d'une façon moins spectaculaire des processus de dissolution chimique. Les membranes des tissus végétaux qui se composent principalement de pectine, de cellulose et de lignine sont lentement hydrolysées par un monde de microbes saprophytes : champignons et bactéries.

La microflore exerce son action sur les divers constituants de la litière ; parmi ceux-ci, certains sont facilement digestibles (sucres, amidon, hémi-celluloses, protéines), d'autres ne le sont que beaucoup plus difficilement (pectines, celluloses) ; enfin l'attaque de la lignine est lente et malaisée.

Lorsque la litière est incorporée au sol, la compétition pour **les sucres solubles ou facilement hydrolysables**, comme l'amidon ou les hémi-celluloses, est intense. Décomposés par un réseau trophique excessivement complexe de champignons et bactéries connaissant une multiplication rapide et une digestion vigoureuse, ces aliments énergétiques idéaux sont transformés en gaz carbonique (CO₂) et en eau (H₂O), avec dégagement intense de CO₂ (respiration du sol). Ce pic de l'activité micro-biologiques du sol n'est possible que si des matériaux azotés sont présents en quantité suffisante pour l'édification de la biomasse des micro-organismes.

Pendant cette intense période d'activité microbienne, **la cellulose** est aussi attaquée. Son attaque est grandement facilitée si les cellules se présentent isolées aux agents de la cellulolyse ; d'où la grande utilité des organismes pectinolytiques qui désintègrent les tissus, par hydrolyse du ciment pectique qui unit leurs cellules. La cellulose est envahie par des agents cellulolytiques appartenant aux groupes des bactéries et des champignons. Le terme final de la décomposition bactérienne de la cellulose est bien différent suivant qu'elle se produit en aéro ou anaérobiose : dans le premier cas, il y a néoformation dans le sol d'un mucus gélatineux : la gelée cytophagienne ; dans le second cas, volatilisation totale en produits gazeux : gaz carbonique (CO₂), Hydrogène (H₂) et méthane (CH₄).

La biosynthèse de l'humus (humification)

Le compost formé par la litière en décomposition, est un véritable musée de micro-organismes, d'animaux et de végétaux, vivants ou à l'état de cadavres plus ou moins mêlés à la terre et à des substances organiques de tous types.

C'est au sein de ce milieu particulier que l'on voit s'élaborer une matière organique colloïdale brune ou noire, l'humus. Cette matière résiste fortement aux agents de la décomposition. Les matériaux organiques de base qui la composent sont les acides humiques.

Contrairement aux autres matières premières fournies par la litière, **la lignine** est très difficilement décomposable. Ce haut polymère est cependant attaqué par le mycélium de nombreux champignons supérieurs du groupe des basidiomycètes ; cette action est particulièrement intense **en milieu très aéré et peu acide**.

En milieu très acide, l'action des basidiomycètes est très lente.

Dans les milieux plus riches et mieux aérés, les dérivés phénoliques résultant de la pectinolyse sont au contact du « bouillon » de culture formé par tous les micro-organismes et le produits de décomposition des glucides et protides. C'est ici que se fait la synthèse des véritables acides humiques bruns.

La transformation des produits d'autolyse de diverses bactéries est responsable de l'accumulation, dans le sol, d'acides humiques ne se formant qu'en milieu alcalin : acides humiques gris.

La minéralisation de l'humus

L'entrée de la litière fraîche dans les chaînes trophiques de l'écosystème « sol » s'accompagne presque aussitôt d'une activité microbiologique intense ; la disparition rapide des composés organiques facilement digestibles et oxydables est marquée par la libération d'une énorme quantité d'énergie potentielle et par une intense respiration du sol ; bactéries, actinomycètes et champignons en pleine activité décomposent et resynthétisent à la fois : l'humus, néo-formé, apparaît.

La formation de l'humus qui protège l'azote (N) en l'incorporant, contre une minéralisation immédiate, produit une stagnation du cycle de cet élément. Au fur et à mesure que de l'humus s'accumule, on voit diminuer l'activité des bactéries du sol, ce qui rend disponible, pour les racines des plantes, une certaine quantité de produits simples comme des phosphates, sulfates, nitrates et cations biogènes.

Beaucoup plus lentement, l'humus va à son tour être minéralisé, au long de nouvelles chaînes trophiques.

Les premiers maillons, où interviennent parfois successivement des bactéries, actinomycètes et champignons, aboutissent à la décomposition de la matière organique et à la libération d'azote (N) sous forme de d'ammoniac (NH_3), et à celle de carbone (C) sous forme de gaz carbonique (CO_2). Ce processus minéralisateur est connu sous le nom d'ammonification.

La quantité d'ammoniac (NH_3) ainsi remise à la disposition de l'écosystème dépend du rapport C/N : elle est d'autant plus importante que ce rapport est plus petit. Aussitôt que réapparaît une forme facilement assimilable d'azote, l'activité de la micro-flore banale reprend ; mais cette activité peut être restreinte par le manque d'aliment hydrocarboné ; c'est alors qu'en milieu plus ou moins neutre et en présence d'oxygène, démarre une chaîne d'organismes autotrophes, qui font la chimiosynthèse de leurs glucides à partir du gaz carbonique (CO_2) du sol et qui utilisent comme énergie pour cette synthèse l'oxydation de l'ammoniaque en nitrate. Les plantes supérieures absorbent alors par leurs racines un maximum de ces nitrates, ce qui permet un fonctionnement cyclique de l'écosystème.

Les bactéries dénitrifiantes peuvent réduire l'acide nitrique à l'état d'azote gazeux (N_2), qui est alors rendu à l'atmosphère.

Services de régulation

Divisions	Groupes	Services de régulation
Maintien du bon état (conditions physiques, chimiques et biologiques) des écosystèmes	SOL	– Qualité du sol (composition, structure)

Indicateurs*Wikipédia 2013, Rapport C/N***Rapport C/N**

Le rapport C/N ou rapport carbone sur azote est un indicateur qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique, c'est-à-dire de son aptitude à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol :

Les microorganismes du sol (microfaune) ont un rapport C/N moyen de 8. Ils consomment les deux tiers du carbone pour l'énergie (celui-ci est alors transformé en dioxyde de carbone) et un tiers pour leur constitution. L'azote est quant à lui presque seulement utilisé pour la constitution. L'équilibre nutritionnel des microorganismes est donc situé à un rapport C/N de 24. En dessous de ce rapport, l'azote est en excès et sera donc libéré, à la disponibilité des plantes. Au-dessus, de l'azote sera prélevé dans la solution du sol pour subvenir aux besoins des microorganismes. D'où :

- C/N < 15 : production d'azote, la vitesse de décomposition s'accroît ; elle est à son maximum pour un rapport C/N = 10
- 15 < C/N < 20 : besoin en azote couvert pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée,
- C/N > 20 : Pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone (il y a compétition entre l'absorption par les plantes et la réorganisation de la matière organique par les microorganismes du sol, c'est le phénomène de « faim d'azote »). L'azote est alors prélevé dans les réserves du sol. La minéralisation est lente et ne restitue au sol qu'une faible quantité d'azote minéral.

Il est couramment admis que, plus le rapport C/N d'un produit est élevé, plus il se décompose lentement dans le sol mais plus l'humus obtenu est stable.

Cet indicateur est fréquemment utilisé dans la pratique pour préciser l'utilisation d'un produit organique inconnu. Il est utile par exemple lors de l'épandage de bois raméal fragmenté ou pour la fabrication d'un bon compost. Pour que le compostage se fasse dans des conditions optimales, le rapport Carbone/Azote doit être situé entre 15 et 30. En effet, si le mélange à composter est trop faible en azote, il ne chauffera pas (pas de dégradation). Si la proportion d'azote est trop élevée, le compost peut surchauffer et tuer les micro-organismes du compost. Il faudra donc veiller à équilibrer les apports.

Utilisé seul, ce critère de qualité a ses limites : deux produits ayant le même C/N peuvent avoir des actions différentes sur l'évolution de la teneur en micro-organismes du sol. Le C/N doit donc être considéré comme un indicateur partiel de qualité à compléter par d'autres informations.

Le rapport C/N est un facteur essentiel de la dynamique du carbone et de l'azote.

Source de données

Bases de données du Gis Sol

Bibliographie

EFESE, *Cadre conceptuel*

Dictionnaire-environnement.com

P. Duvigneaud, *La synthèse écologique*, 1974

Wikipédia 2013, *Rapport C/N*