



**HAL**  
open science

## Biodégradation des sols forestiers: causes et remèdes

Jean-François Ponge

► **To cite this version:**

Jean-François Ponge. Biodégradation des sols forestiers: causes et remèdes. La Forêt Privée - revue forestière européenne, 1999, 248, pp.55-60. hal-00504089

**HAL Id: hal-00504089**

**<https://hal.science/hal-00504089>**

Submitted on 19 Jul 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## BIODÉGRADATION DES SOLS FORESTIERS: CAUSES ET REMÈDES

Jean-François Ponge

Museum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Écologie Générale, 4 avenue du Petit-Château,  
91800 Brunoy

### Les humus forestiers: un cadre pour l'organisation biologique des sols

L'organisation biologique des sols peut être résumée par l'appartenance à l'une des trois **formes d'humus** fondamentales, **MULL**, **MODER**, **MOR**. Elles correspondent dans cet ordre à un gradient décroissant de biodiversité végétale, animale et microbienne, et un gradient croissant d'acidité (mesurée par exemple par le pH des solutions du sol). Des boucles de rétroaction (appelées aussi synergies) relient les acteurs biologiques au milieu physico-chimique. En l'absence de perturbation majeure le système évolue donc inéluctablement vers l'une de ces trois stratégies. Les formes intermédiaires peuvent être considérées comme des formes de passage, le temps qu'un nouvel équilibre s'installe.

Les **MULL** sont caractérisés par une forte activité de vers de terre fousseurs, associée au développement d'une végétation herbacée luxuriante produisant une litière riche en nutriments (azote, phosphore, calcium, etc...). On trouve ces humus typiquement en milieu prairial, dans les fruticées (prunellier, aubépine, etc...) et dans les formations ligneuses hautes à base de feuillus précieux (merisier, orme, charme, frêne, érable). L'incorporation rapide de la matière organique à la matière minérale au sein des macro-agrégats (déjections de vers de terre) favorise le développement de la microflore bactérienne, la nutrition minérale des végétaux se réalisant à l'aide de poils absorbants. La mycorhization est du type "à vésicules et arbuscules", un type particulier d'endomycorhizes, elle est réalisée par des zygomycètes nécessitant un transport de spores par des animaux du sol (notamment collembolles) pour se disséminer. De nombreux organismes saprophages, en particulier des espèces de grande taille (isopodes, diplopodes, larves de tipules, limaces, etc...), coexistent avec les vers de terre et entretiennent avec eux des relations mutualistes. Cette forme d'humus est associée aux

processus de brunification des sols (altération minérale sans entrainement du fer, éventuellement avec lessivage des argiles, humification rapide formant des acides humiques bruns).

Les **MODER** sont caractérisés par la fragmentation de la litière par des animaux vivant exclusivement au sein de la matière organique, déposant leurs excréments à l'endroit même où ils se nourrissent. La macrofaune saprophage est moins abondante et moins diversifiée que dans le cas précédent. C'est essentiellement une petite faune, faite de microarthropodes (collemboles, acariens) et d'enchytréides, ainsi que certains lombrics épigés tolérant l'acidité. La végétation est principalement constituée par des essences forestières nobles (chêne, hêtre), ou des conifères lorsque ceux-ci sont dans leur aire naturelle de distribution (adaptations locales des espèces consommatrices de litière). La strate herbacée est pauvre et peu diversifiée (flore acidiphile), les mousses souvent abondantes, parfois en tapis continu. Le système racinaire des arbres est très superficiel, se développant au sein de l'**horizon OF**, fait de débris foliaires et des boulettes fécales des animaux ayant consommé la litière. L'activité microbienne est essentiellement de type fongique (pourritures blanches, champignons mycorhiziens), en raison de la forte acidité, et contribue par ailleurs à maintenir un pH assez bas (voir article de Jean Garbaye sur l'acidification par les champignons dans ce même fascicule). La mycorhization est de type ectomycorhizien, elle est réalisée essentiellement par des basidiomycètes dont les hyphes et les rhizomorphes parcourent l'**horizon OF**. Sous l'**horizon OH** (accumulation d'excréments de la mésofaune), on trouve un horizon organo-minéral compact, s'appauvrissant progressivement en matière organique, au sein duquel se réalise la minéralisation finale de la matière organique, sous l'action de bactéries tolérant l'acidité.

Les **MOR** sont caractérisés par une évolution très progressive de la litière, de type tourbeuse, avec une très faible activité de la faune et de la microflore. La végétation est souvent formée de landes à éricacées mais on trouve aussi cette forme d'humus sous les plantations de conifères (surtout de pin sylvestre) réalisées hors de leur aire naturelle de distribution. Les appareils souterrains des végétaux (rhizomes) y sont très développés. La minéralisation finale de la matière organique est réalisée par le feu, l'accumulation de matière organique observée est la résultante de la production végétale et de l'intervalle de temps séparant deux incendies. La mycorhization est réalisée essentiellement par des Ascomycètes (endomycorhizes éricoïdes, *Cenococcum*). Cette forme d'humus est associée aux

processus de podzolisation (complexation et entraînement des métaux par de petites molécules organiques chélatantes, acidolyse des argiles, humification lente aboutissant à des acides humiques gris).

### **La dégradation des humus forestiers: un processus réversible ou irréversible?**

Toute modification de l'environnement, climatique, chimique, ou autre (par exemple plantations ou bien dynamique naturelle de la végétation) se traduit par une évolution de la forme d'humus, via des changements dans l'abondance et la composition des peuplements animaux et microbiens du sol, en particulier des espèces saprophages. On peut observer de tels changements en comparant des peuplements d'âge différent, placés dans des conditions stationnelles identiques. C'est ainsi que les forêts naturelles d'épicéa des Alpes du Nord (Savoie) montrent à l'étage montagnard une alternance du **MULL** et du **MODER**. La **régénération naturelle** de l'épicéa peut être observée dans des clairières où l'humus est de forme **MULL** (malgré une forte acidité) et la végétation essentiellement formée de plantes herbacées. Les peuplements issus de régénération naturelle, après fermeture de la canopée, génèrent un humus de forme **MODER**, en raison d'un abandon des sites par les vers de terre fouisseurs. Sous les peuplements adultes et sénescents on observe (grâce aux petites surfaces concernées) un retour à des conditions favorables à la régénération, avant même la mort des arbres parents (coupe d'exploitation ou chablis). Certaines espèces de vers, tolérant l'acidité, et capables de mélanger la matière organique accumulée dans les **horizons OH** avec le sol minéral sous-jacent, transforment alors les horizons de surface et préparent l'évolution vers la forme **MULL**, typique de la clairière à herbacées, qui apparaît après la mort des arbres et l'arrivée de lumière au sol. Ce phénomène naturel indique que la **forme d'humus** est susceptible de changer, mais que ces changements, dans certaines limites, sont réversibles.

Dans l'exemple cité ci-dessus, une dégradation irréversible de la forme d'humus s'observe sous les tapis d'éricacées (myrtille, airelle) qui se sont développés à l'étage montagnard à la faveur de tentatives infructueuses de déclencher la régénération par des coupes ménagées au sein de peuplements d'épicéas adultes (donc incapables de refermer la canopée par croissance des houppiers). La myrtille ainsi favorisée génère un humus de forme **MOR**, préjudiciable à la

**régénération naturelle** de l'épicéa. On voit donc ainsi apparaître une lande forestière stable, qui maintient au sol des conditions néfastes pour la survie à long terme de l'**écosystème forestier**. Il s'agit bien d'une **dégradation biologique** du sol, même si elle ne résulte pas d'une action anthropique directe, et n'a même pas été voulue du tout par l'homme, bien au contraire.

L'introduction d'une espèce hors de son aire naturelle de distribution peut toujours être un facteur de risque pour le reste de l'écosystème. L'épicéa, par exemple, lorsqu'il est introduit dans des régions où les populations animales et microbiennes du sol ne sont pas adaptées à consommer sa litière et ne tolèrent pas les composés chimiques qu'il produit (picéine), génère souvent un humus de forme mor où toute **régénération naturelle** est impossible et où les conditions de croissance de l'arbre sont par ailleurs très mauvaises. Par contre, l'introduction du Douglas en Europe ne s'est pas accompagnée, semble-t-il, des mêmes symptômes de dégradation. On peut observer, dans le Morvan, des peuplements de Douglas avec une activité notable de vers de terre, en dépit de l'acidité naturelle des sols. La **régénération naturelle** est souvent intense, dès que des trouées apparaissent. Dans leur pays d'origine (Oregon, Washington), les sapins de Douglas sont par contre associés à des humus épais, de forme **DYSMODER (MODER** à horizon OH très épais), en raison de l'absence (d'origine biogéographique) des vers de terre fouisseurs, qui sont essentiellement des espèces européennes ou tropicales. Il ne faut donc pas avoir une vision catastrophiste des résineux comme facteur de **dégradation des sols**, mais considérer cas par cas les chances ou les risques qu'une introduction d'une essence exotique peut causer dans une région donnée. Le **mélange des essences** est souvent un remède utilisé pour pallier aux conséquences néfastes d'une telle introduction, par exemple le charme en sous-étage peut faire disparaître l'effet nocif du pin sylvestre sur le fonctionnement biologique des sols, comme cela peut s'observer en forêt d'Orléans.

L'examen attentif de la végétation existante permet de prévoir ce qui se passera à la faveur d'éclaircies ou de tout autre opération sylvicole, par exemple une fertilisation. La présence dans la station forestière d'espèces envahissantes à multiplication végétative, susceptibles de faire évoluer défavorablement la forme d'humus par l'émission de composés toxiques (**allélopathie**), telles que les éricacées (callune en plaine, myrtille en montagne), la fougère aigle, les mousses (*Scleropodium purum*) et les lichens (*Cladonia*), est un indice de fragilité de l'écosystème dans le cas où un facteur

(lumière par exemple) va brusquement les favoriser. On essaiera dans ce cas de freiner leur développement, par exemple par la création d'un sous-étage dense exerçant un ombrage (charme par exemple). Ceci ne peut être que bénéfique pour la croissance des essences de rapport, et bien entendu favorisera leur **régénération naturelle**. Cependant, l'exploitation intensive des arbres en sous-étage (comme cela a été le cas dans le passé dans le régime de **taillis-sous-futaie**) et, pire encore, la pratique du **soutrage** (récupération de la litière pour l'amendement des champs voisins) peuvent à long terme contrecarrer ce processus, en épuisant les réserves du sol par exportation excessive de nutriments (l'humus évolue vers la forme **MODER**, par disparition des espèces animales les plus exigeantes).

Il faut garder présent à l'esprit le fait que tout organisme, animal, végétal ou microbien, nécessite non seulement de l'énergie mais aussi des ressources minérales que seul le sol peut lui fournir. Encore faut-il que ces ressources soient mises à disposition de l'organisme en question. Deux processus majeurs conditionnent cette mise à disposition: le recyclage de la matière organique par la **décomposition** de la litière, l'**altération minérale**. Ces deux processus sont gouvernés par l'activité biologique. Dans le cas de la podzolisation, les composés acides produits notamment par les champignons complexent les bases et les métaux indispensables à la croissance et au métabolisme des arbres (magnésium, potassium) et à l'élaboration du bois (calcium). En l'absence d'activité notable de la faune, susceptible de précipiter les complexes ainsi formés au sein des horizons de surface (brunification), on observe une perte de nutriments et d'oligo-éléments, qui migrent en profondeur et échappent ainsi à la nutrition végétale, donc à l'écosystème tout entier.

## **Conclusions**

Une connaissance minimale du fonctionnement biologique des sols (la seule observation attentive des horizons de surface renseigne déjà beaucoup sur leur fonctionnement) devrait permettre d'éviter des erreurs funestes telles que l'épuisement des ressources minérales. Même en conditions de forte acidité (pH égal ou inférieur à 4) on peut espérer maintenir une forte activité biologique en jouant sur les synergies existant entre la végétation, la faune et la microflore du sol. Si la lumière agit favorablement sur les communautés du sol (chaleur, stimulation de la strate herbacée) il faut prendre

garde à ce qu'elle ne favorise pas des espèces dont l'activité peut aboutir au contraire des effets espérés (callune, myrtille, fougère aigle, mousses, lichens). L'introduction d'essences exotiques doit être prudente, surtout lorsqu'aucun exemple ne permet de prévoir les conséquences à long terme sur les autres composants de l'écosystème. Loin de toute considération catastrophiste, le gestionnaire soucieux d'écologie (c'est-à-dire du maintien à long terme d'une bonne productivité) devra acquérir un minimum de connaissances sur la flore et la faune du sol et les utiliser pour éviter les erreurs de jugement qui sont le plus souvent à la source des dégradations observées.

**Pour en savoir plus sur le fonctionnement biologique des sols et sa dégradation:**

GOBAT (M.), ARAGNO (M.) & MATTHEY (W.), 1998. Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 519 pp.

JABIOL (B.), BRÊTHES (A.), PONGE (J.F.), TOUTAIN (F.) & BRUN (J.J.), 1995. L'humus sous toutes ses formes. ENGREF, Nancy, 63 pp.

PONGE (J.F.), ANDRÉ (J.), BERNIER (N.) & GALLET, 1994. La régénération naturelle: connaissances actuelles. Le cas de l'épicéa en forêt de Macot (Savoie). *Revue Forestière Française*, **46**, 25-45.

PONGE (J.F.), ANDRÉ (J.), ZACKRISSON (O.), BERNIER (N.), NILSSON (M.C.) & GALLET, 1998. The forest regeneration puzzle. Biological mechanisms in humus layer and forest vegetation dynamics. *BioScience*, **48**, 523-530.