

# Biodiversité fonctionnelle des sols

## Un éclairage sur l'écologie des sols...

Par Eric Blanchart (IRD, UMR Eco&Sols<sup>1</sup>)

<sup>1</sup> 2 Place Viala, 34060 Montpellier cedex 1 - eric.blanchart@ird.fr

Le sol constitue l'un des milieux les plus diversifiés sur Terre, mais aussi l'un des plus mal connus du point de vue de la biodiversité. De très nombreux organismes habitent le sol, depuis les microorganismes (bactéries et champignons) jusqu'aux vers de terre en passant par de nombreux et très variés groupes d'insectes, de nématodes, de protozoaires... Ces organismes, à travers des interactions trophiques et non trophiques, assurent le fonctionnement du sol et participent ainsi à la mise en place des services écosystémiques.

Dans l'équivalent d'une cuillère à café de sol, on peut trouver plusieurs milliers d'espèces de bactéries, plusieurs millions d'individus et plusieurs mètres de mycélium fongique, mais aussi des milliers de protozoaires et des centaines de nématodes.

Les sols constituent l'un des milieux les plus diversifiés sur Terre. On estime que près d'un quart des espèces connues (près de deux millions d'espèces sont décrites) sont inféodées au sol. On entend par organismes du sol, tous les organismes vivants partiellement ou totalement à l'intérieur du sol ou à la surface du sol (litière, bois en décomposition, bouses...). Presque tous les embranchements du vivant sont représentés, à l'exception des groupes typiquement marins comme les méduses et les échinodermes (oursins et étoiles de mer). Dans le sol, on trouve de très nombreuses espèces de bactéries et d'archées, de vers (nématodes ou

annélides), de mollusques, d'insectes, de myriapodes, d'arachnides, de vertébrés, sans oublier les champignons et les racines de plantes.

### Les sols abritent en abondance une grande diversité d'organismes

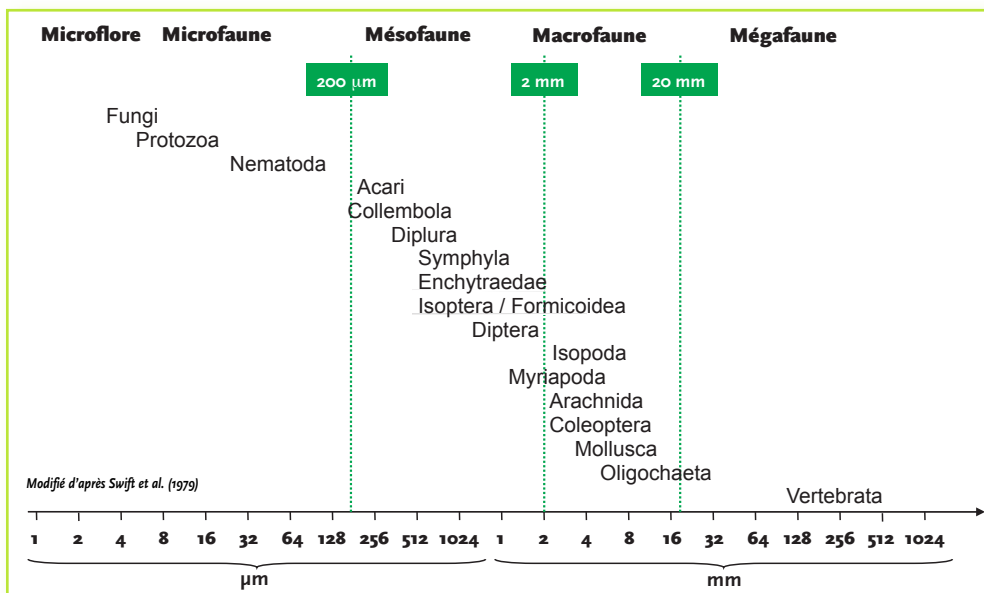
Tous ces organismes n'ont pas la même taille et il est courant de les classer selon ce critère (voir encart). Ils peuvent être extrêmement abondants. Dans l'équivalent d'une cuillère à café de sol, on peut trouver plusieurs milliers d'espèces de bactéries, plusieurs millions d'individus et plusieurs mètres de mycélium fongique, mais aussi des milliers de protozoaires et des cen-

taines de nématodes. En terme de poids (biomasse), les microorganismes dominent les peuplements puisque les biomasses dépassent régulièrement 1 à 2 t/ha; les protozoaires peuvent atteindre 700 kg/ha et les lombriciens présentent des biomasses généralement proches de 1 t/ha (exceptionnellement jusqu'à 4 t/ha).

Ces extraordinaires biodiversité, abondance et biomasse rencontrées dans les sols proviennent principalement, d'une part de la grande richesse en ressources et en énergie (les sols sont les milieux où les diverses formes de matière or-

### Classés par taille

- **Microorganismes** : bactéries et archées, champignons et parfois aussi protozoaires (organismes unicellulaires)
- **Microfaune** : animaux pluricellulaires microscopiques tels que les nématodes mesurant quelques microns
- **Mésafaune** : organismes dont la taille est comprise entre quelques centaines de microns et 2 millimètres comme les acariens et les collemboles
- **Macrofaune** : animaux facilement visibles à l'œil nu comme les vers de terre
- **Mégafaune (dans certaines classifications)** : animaux de très grande taille comme certains vertébrés





Acariens et collemboles.

ganiques sont recyclées) et, d'autre part de la nature même du sol qui permet une grande variété de niches (microporosité, macroporosité, dans ou à la surface des agrégats) et l'existence de gradients sur de très courtes ou plus grandes distances (zones appauvries ou enrichies en oxygène ou en eau, variabilité du pH ou des concentrations en matière organique, etc.).

### Les organismes telluriques ont des rôles fonctionnels variés et complémentaires

Schématiquement, le fonctionnement d'un sol repose sur trois principaux groupes d'organismes : des organismes responsables des modifications chimiques de la matière (principalement des microorganismes décomposeurs, bactéries et champignons), des organismes responsables des modifications physiques du milieu (principalement les macroinvertébrés et les racines) et les prédateurs ou parasites d'autres organismes du sol (protozoaires et nématodes). Les classifications les plus récentes parlent respectivement d'ingénieurs chimiques, d'ingénieurs physiques et de régulateurs biologiques.

Les microorganismes agissent sur la dynamique et le recyclage de la matière et des nutriments. Certaines bactéries libres ou associées aux racines de certaines plantes ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique. Les bactéries et les champignons ont des capacités variées à minéraliser la (les) matière(s) organique(s) et libérer ainsi des éléments minéraux qui pourront être utilisés par les plantes ou partir vers l'atmosphère (N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) ou dans les eaux de drainage (NO<sub>3</sub>). Certains champignons ont développé des associations très fortes avec des racines : les mycorhizes, qui facilitent le développement des

plantes en les aidant à acquérir leurs nutriments. C'est pourquoi la plupart des plantes sont mycorhizées. Les invertébrés de la macrofaune peuvent être saprophages, phytophages, carnivores ou géophages. Les activités de fouissement et de consommation des macro-invertébrés (et des racines) ont des conséquences importantes sur la structuration du sol et l'incorporation de matière organique dans le sol. Cette biostructuration (ou bioturbation) est à l'origine d'une forte hétérogénéité spatiale du sol avec des zones appauvries ou enrichies en matière organique, et donc des zones où les activités microbiennes sont soit stimulées soit inhibées. Les acariens et collembolans ont également des régimes trophiques variés même si l'essentiel des espèces sont saprophages (ou détritivores) ; ils consomment la matière organique en décomposition et sont très abondants dans les litières.

Les nématodes et protozoaires ont développé des régimes trophiques très variés : ils peuvent consommer des racines (pour les nématodes), des bactéries, des champignons ou être carnivores.

2 Téléchargeable en langue française sur <http://www.millenniumassessment.org/fr/index.aspx>

### Préserver les organismes du sol, principaux fournisseurs de services rendus par les écosystèmes

L'ensemble des fonctions réalisées par cette grande diversité d'organismes (ce que l'on appelle le fonctionnement biologique des sols) assurent le fonctionnement des écosystèmes et les services rendus par ces écosystèmes à l'humanité. Pendant 5 ans, sous l'impulsion de l'ONU, des scientifiques et politiques du monde entier ont évalué l'état des écosystèmes de la Planète. Le rapport rendu en 2005<sup>2</sup> reconnaît que les écosystèmes rendent des services à l'humanité et qu'il faut donc les protéger. Ces services se répartissent en :

- **services de support** sans lesquels les autres services ne pourraient être réalisés (recyclage des nutriments, production primaire, formation des sols, recyclage de l'eau),
- **services d'approvisionnement** (en nourriture, eau douce, fibres et bois, ressources génétiques ou pharmaceutiques),
- **services de régulation** (de l'eau, du climat, de l'air, des maladies et bioagresseurs, de l'érosion)
- **et services culturels** (esthétiques, éducatifs, récréatifs).



Fourmi (*Camponotus vagus*).

## Agriser

continuity

**herse rotative Yetter,**  
**la seule sur le marché qui permet le désherbage mécanique**

Importateur officiel  
**AerWay, Buffalo, Yetter**

**AGRISER continuity**  
chemin Bruchweg  
67170 Kriegsheim  
Tél : +33(0) 388 640 661  
Fax : +33(0) 388 684 826  
Net : [www.agriser.com](http://www.agriser.com)  
E-mail : [info@agriser.com](mailto:info@agriser.com)



**Qualité des services rendus : pas qu'une question de nombre d'individus**

## Le cas des vers de terre

Il faut bien garder aussi à l'esprit que les espèces d'un même groupe taxonomique n'ont pas forcément les mêmes fonctions. Des confusions sont par exemple fréquentes concernant le rôle des vers de terre. Les scientifiques regroupent les vers de terre en trois catégories écologiques : épigés, anéciques et endogés. Les épigés sont des petits vers de terre très colorés vivant à la surface du sol et se nourrissant de litière. Les anéciques sont des vers de grande taille qui vivent dans des galeries qu'ils construisent dans le sol et consomment la litière de surface qu'ils mélangent avec le sol. Enfin, les endogés sont des vers de taille variable, généralement non pigmentés (ils paraissent généralement roses) qui vivent dans le sol et s'en nourrissent, assimilant une partie de la matière organique (fraîche ou humifiée) qui y est incluse. Cette classification permet de voir que seuls les anéciques ont une importance notable sur l'incorporation au sol de matière organique. La bioturbation du sol est assurée par les anéciques et les endogés mais là encore avec des différences notoires. Les anéciques creusent des galeries dans lesquels ils vivent ; leur action sur la structure du sol est donc spatialement limitée à l'ouverture d'une macroporosité qui joue un rôle important sur l'écoulement de l'eau. Les endogés se déplacent sans arrêt dans le sol à la recherche de nourriture ou de conditions favorables. Ils consomment de très grandes quantités de terre et régulent de façon importante l'agrégation et la porosité du sol. Par conséquent, la qualité d'un sol ne peut donc se résumer à un seul nombre de vers de terre, encore faut-il que chacune des catégories écologiques soit représentée.

Les activités réalisées par les organismes du sol assurent la majeure partie de ces services. C'est pourquoi la biodiversité du sol est si importante pour la préservation de la vie sur Terre.

Pourtant, les efforts de conservation de la biodiversité portent majoritairement sur les espèces épigées (oiseaux, araignées, etc.). Les animaux du sol « à protéger » ne représentent que 1 % des espèces « à protéger » (alors que rappelons-le les organismes du sol comptent pour 25 % de l'ensemble des espèces décrites). Seules huit espèces du sol sont déclarées « en danger » : trois scorpions, quatre araignées et un scarabée.

Les menaces qui pèsent sur la biodiversité (notamment celle du sol) sont bien connues : le changement climatique (sécheresses, feux, tornades, etc.) et les invasions biologiques s'ajoutant aux multiples et plus directes, modifications humaines (urbanisation, pratiques

agricoles, fragmentation de l'habitat, etc.). Ces perturbations altèrent l'habitat de ces organismes et, par conséquent, le fonctionnement des écosystèmes. Les écologues soulignent fréquemment qu'une faible perturbation peu favoriser la biodiversité (en l'absence de perturbation, l'exclusion compétitive favorise les espèces dominantes) ; en cas de perturbation forte, seules les espèces tolérantes subsistent. De plus, une même perturbation peut entraîner des effets variables sur les organismes et le fonctionnement des écosystèmes. Il est par conséquent très difficile de prévoir les effets d'une perturbation sur la biodiversité et le fonctionnement biologique d'un sol.

## **De nombreuses espèces assurent des fonctions proches ou identiques**

La conservation de la biodiversité du sol est justifiée principalement par les services et fonctions qu'elle rend. Ceci ne signifie par pour au-



## **COOPÉRATIVE spécialisée en céréales biologiques**

- *Collecte de céréales-oléoprotéagineux et de légumineuses*
- *Multiplicateur et distributeur de semences biologiques*

### **SEMENCES 2010-2011**

#### **Avoine**

GERALD

#### **Blé tendre**

ATTLASS  
CHEVALIER  
LUKULLUS  
MAYEN  
PACTOLE  
PIRENEO  
RENAN  
SATURNUS  
SPECIFIK(P)  
TRISO (P)

#### **Lentilles vertes**

ANICIA

#### **Seigle**

CAROASS  
CAROTOP

#### **Epeautre**

ALKOR  
COSMOS  
RESSAC

#### **Féverole**

DIVA  
DIVINE (P)  
GLADICE  
IRÉNA  
LADY (P)  
MELODIE (P)  
MISTRAL (P)

#### **Orge**

ALINGHI  
HIMALAYA  
PRESTIGE (P)  
SCARLETT (P)  
SEBASTIAN (P)  
VANESSA

#### **Triticale**

BIENVENU  
GRANDVAL  
INTEGRAL  
TREMPLIN

P= variétés de printemps

**BIOCER** – 240 chemin de la forêt - 27180 Le Plessis-Grohan  
Tél : 02.32.67.81.31 - Fax : 02.32.67.78.75  
[www.biocer.fr](http://www.biocer.fr)



B. Sauphanor INRA

Forficule.

tant qu'un plus grand nombre d'espèces permettra d'assurer plus de services car beaucoup d'espèces assurent des fonctions très proches, voire identiques (ce qu'on nomme la redondance fonctionnelle). Différentes théories scientifiques concernent cette redondance fonctionnelle.

La première propose que seules certaines fonctions montrent de la redondance (beaucoup d'espèces participent à la décomposition de la matière organique, très peu d'espèces participent à la nitrification - transformation des nitrites en nitrates - ou à la dégradation d'un composé toxique).

Une autre théorie décrit la redondance comme dépendant du contexte (deux bactéries ayant la même fonction peuvent être actives dans des conditions différentes du milieu ou à des périodes différentes). Enfin, une troisième théorie rend compte de la multifonctionnalité de certaines espèces (les champignons actifs dans les processus de transformation et de décomposition affectent également la structure du sol).

## Quelques ouvrages sur le sol

### RÉFÉRENTIEL PÉDOLOGIQUE 2008

**Editions Quae** - Association française pour l'étude du sol - Coordination éditoriale de Denis Baize, Michel-Claude Girard - Prix : 45,00 €

Le référentiel pédologique est une typologie détaillée des sols de notre territoire, de l'Europe, de l'Afrique et des autres continents. Entièrement remanié, ce nouveau millésime du Référentiel pédologique s'est enrichi de trois nouveaux chapitres traitant de solums des zones intertropicales

et de leurs horizons de référence spécifiques, ainsi que de deux outils inédits : une clé d'accès rapide aux différents chapitres et une annexe des correspondances possibles entre les références du Référentiel pédologique et les catégories de la World reference Base for soil resources.

À l'épreuve du terrain depuis plus de quinze ans, le référentiel pédologique est désormais incontournable. Accessible aux non spécialistes qui maîtrisent le vocabulaire de base de la pédologie, il est indispensable à tous ceux qui doivent prendre en compte la diversité des sols.



### LE SOL

**Editions Quae** - Directeurs éditoriaux : Pierre Stengel, Laurent Bruckler, Jérôme Balesdent - Prix : 27,00 €

Fragile, menacé, le sol joue de tout temps, et aujourd'hui plus que jamais, un rôle déterminant : produire les aliments, réguler le cycle et la qualité de l'eau, accumuler du carbone et limiter l'effet de serre, recycler les matières organiques, entretenir la biodiversité, fournir des matériaux pour la construction et

l'industrie, participer à la valeur esthétique des paysages... Synthèse des connaissances actuelles sur le sujet, ce livre aborde la nature et la constitution des sols, leurs fonctionnements écologiques et leur gestion. Pédagogique, richement illustré de schémas et de photographies, il est accessible à un large public.



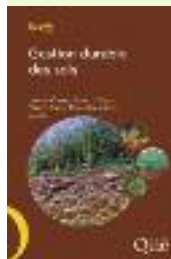
### GESTION DURABLE DES SOLS

**Editions Quae** - Coordination éditoriale : Laëtizia Citeau, Antonio Bispo, Marion Bardy, Dominique King - Prix : 45,00 €

La dégradation du sol a une incidence non négligeable sur l'air et l'eau mais également sur notre santé. Conscient de la pression croissante exercée par l'homme sur les sols, le ministère en charge de l'Environnement a mis en place, depuis 1998, un programme de recherche sur la gestion du patrimoine sol (Gessol). Cet ouvrage synthétise les premiers

résultats obtenus par les équipes ayant participé à ce programme. Il fournit ainsi de nouvelles connaissances sur les différents types de dégradation constatés : érosion, tassement, contamination, perte de matière organique et de biodiversité. Il propose également des méthodes alternatives de gestion des sols destinées à préserver durablement leurs fonctions environnementales. Ce texte s'adresse tant aux spécialistes du domaine qu'aux enseignants, décisionnaires et gestionnaires de la ressource en sols.

En partenariat avec l'Ademe.



### IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES TECHNIQUES CULTURALES SANS LABOUR EN FRANCE

**Editions ARVALIS - Institut du végétal** - Prix : 15€

Cet ouvrage propose une synthèse de l'étude réalisée sous l'égide de l'ADEME, par ARVALIS et ses partenaires (INRA, réseau des chambres d'agriculture, AREA, ITB, CETIOM, IFVV) entre 2005 et 2007. Il fait le point et dresse un état complet des connaissances scientifiques actuelles sur le

sujet, applicables aux conditions françaises. Il rassemble l'intégralité des articles publiés sur ce sujet par le magazine Perspectives Agricoles entre les mois de février 2008 et janvier 2009.



### POUR EN SAVOIR PLUS

• European Commission DG ENV (2010) Soil biodiversity : functions, threats and tools for policy makers. Rapport final. Bio Intelligence Service, Paris.

• Decaëns T. (2010) Macroecological patterns in soil communities. Global Ecology and Biogeography, 19 : 287-302.

• Sol et Biodiversité. Site internet Sagascience : [http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv\\_chapC\\_p5](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapC_p5)

Biodiversité des sols. Site de la FAO : <http://www.fao.org/biodiversity/ecosystems/bio-soils/fr/>