

# LES SOLS : SOURCES DE VIES



ACTES

• Journée d'information 2017 •

Société Nationale d'Horticulture de France



---

*Actes de la journée d'information  
de la Société Nationale d'Horticulture de France*

# LES SOLS : SOURCES DE VIES

—  
PARIS, LE 12 DÉCEMBRE 2017

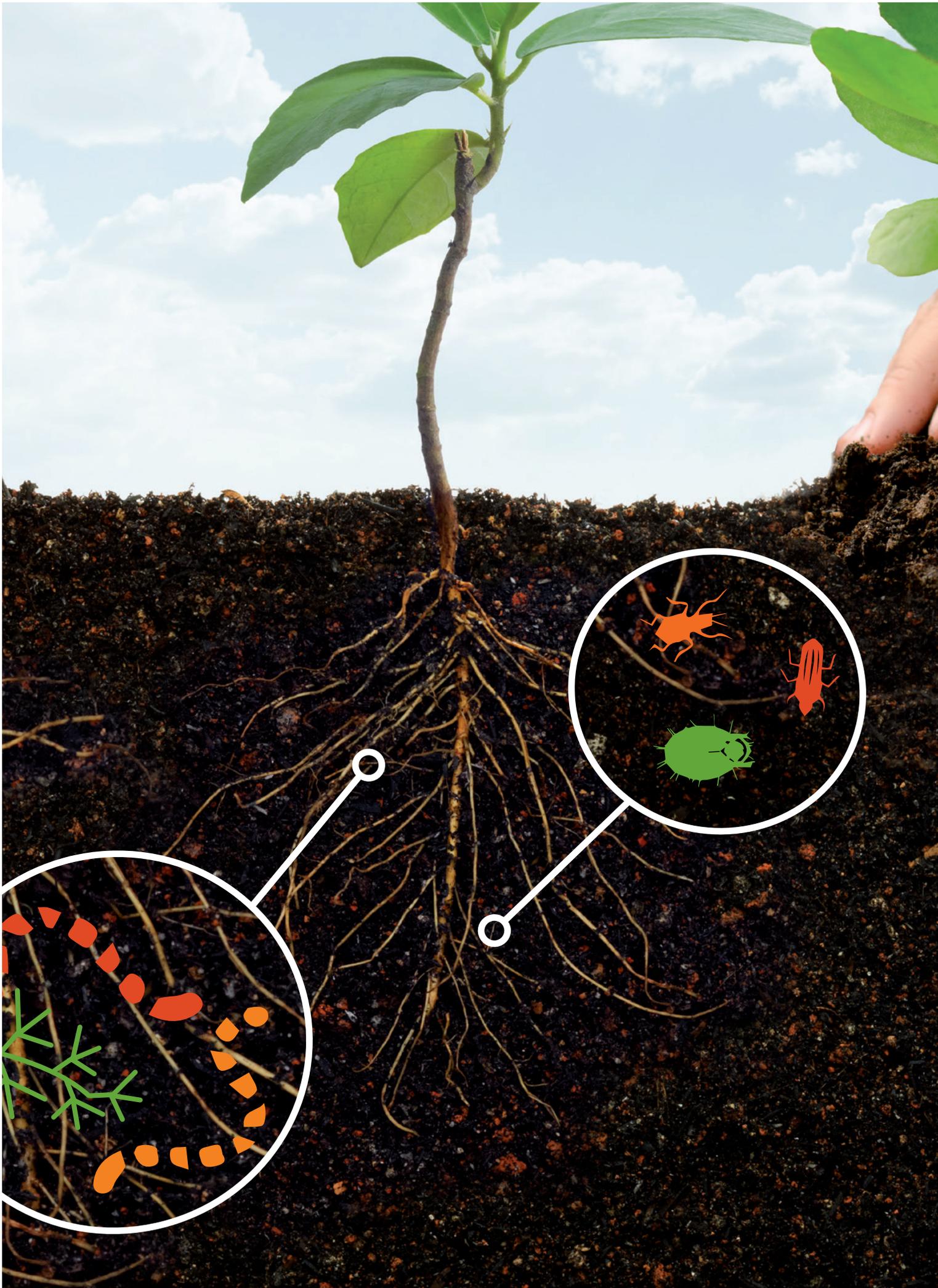
---



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



—  
Cette journée d'information a été organisée par le conseil scientifique de la SNHF, présidée par Yvette Dattée, membre de l'Académie d'Agriculture de France, avec le soutien de l'Agence Française pour la Biodiversité, du ministère chargé de l'Environnement et du ministère chargé de l'Agriculture dans le cadre du plan Ecophyto.





# SOMMAIRE

- 7** Formation et évolution des sols : la pédogenèse  
JEAN-PIERRE ROSSIGNOL
- 8** Biodiversité microbienne et fonctionnement biologique des sols  
PHILIPPE LEMANCEAU
- 9** Introduction à la faune du sol et les lombriciens  
DANIEL CLUZEAU
- 11** Évolution des surfaces cultivées en France et dans le monde :  
évaluations et enjeux  
CHRISTIAN WALTER
- 12** Gérer les stocks de matière organique des sols pour entretenir  
leur fertilité et contribuer aux services écosystémiques rendus  
par les sols  
SABINE HOUOT
- 13** L'eau dans le sol : état et biodisponibilité  
SYLVAIN CHARPENTIER.
- 14** Travail ou non travail du sol ?  
JEAN ROGER-ESTRADE
- 15** Les cultures hors sol, histoire récente et développement  
MICHEL JAVOY
- 16** Sols artificialisés : de la reconstruction à la construction de sols  
LAURE VIDAL-BEAUDET
- 17** Sols vivants et permaculture  
KEVIN MOREL



# FORMATION ET ÉVOLUTION DES SOLS : LA PÉDOGENÈSE

**JEAN-PIERRE ROSSIGNOL**

Agropédologue, enseignant-chercheur honoraire, INH – AO, Angers

**Le sol a plusieurs définitions et recouvre plusieurs réalités : c'est tout d'abord une surface sur laquelle nous nous déplaçons, mais c'est surtout un volume plus ou moins épais, souvent fonction de l'utilisateur.**

**L'agronome et l'agriculteur** considère surtout le sol comme le support des plantes cultivées ; souvent seule la couche arable est prise en compte.

Le sol est la couche mince, superficielle qui recouvre les roches et le sous-sol et dans laquelle les végétaux puisent l'eau et les éléments nutritifs dont ils ont besoin pour leur croissance et leur développement : l'épiderme de la terre.

**Pour le géologue**, le sol est une gêne qui empêche l'observation des roches et pour le géotechnicien le sol est constitué de matériaux plus ou moins intéressants pour les travaux de génie civil.

**Le pédologue** voit le sol comme un ensemble complexe qui évolue dans le temps sous l'action de facteurs naturels comme le climat, la végétation, la faune, les roches et le relief.

Le sol est à l'interface entre différents ensembles constituant la surface terrestre. Le volume pédologique (ou pédosphère) se situe sur la lithosphère ; il épouse le relief (toposphère), se localise sous l'atmosphère. Il est en interaction avec la biosphère et l'hydrosphère.

## L'altération

L'altération des matériaux et des roches est la première étape vers la formation du sol. Tout d'abord l'altération physique qui désagrège mécaniquement les roches dures en éléments de plus en plus petits. Cette fragmentation peut s'obtenir par différents processus tels que la thermoclastie et la gélifraction.

Puis l'altération chimique digère les minéraux et libère les ions dans la solution du sol. Plusieurs processus agissent tels que la dissolution, la décarbonatation, l'oxydation, l'hydrolyse. Ces altérations président à la destruction des roches et des minéraux et donnent naissance au complexe d'altération.

Des phases de transformation des minéraux et de néoformation se produisent et les minéraux argileux apparaissent comme les illites, les smectites ou les kaolinites, en fonction du climat et du drainage.

Le volume pédologique (aussi appelé couverture pédologique) est parcouru par des flux de liquides et de gaz ; des transferts de matières se produisent en son sein.

## La formation des sols

Le sol prend naissance dans ce complexe d'altération dès son origine. En permanence des mouvements de matières se produisent au sein de la couverture pédologique. Elle acquiert des constituants nouveaux par altération des matériaux initiaux situés à la base ou dans le sol. Des transports de matériaux se font par érosions hydrique ou éolienne. Des transferts latéraux dans ou sur le sol se mettent en place avec le relief. La croissance et le développement des plantes et de leurs racines ainsi que les activités microbienne, fongique et faunique influent sur les transformations et les transferts de matière.

## Les grands types de pédogenèse

Les différents flux qui traversent le complexe d'altération sont responsables de l'évolution des sols. Par exemple :

- La décarbonatation libère les matériaux insolubles qui forment le complexe d'altération et le sol.
- La brunification permet la libération des oxydes de fer et des argiles héritées et la formation d'un complexe argiles-humus-fer stable. Elle se développe principalement en climat tempéré.
- Le lessivage est l'entraînement en suspension des minéraux argileux associés au fer vers la profondeur.
- L'hydromorphie, avec l'oxydation et la réduction du fer, due à un excès d'eau temporaire ou permanent est responsable de la ségrégation du fer.
- La planosolisation crée une forte différenciation texturale par hydrolyse et ferrolyse dues à l'engorgement temporaire.
- La podzolisation est liée au processus d'altération biogéochimique de l'acidocomplexolyse par formation de complexes organométalliques qui migrent en profondeur, soit en climat froid, soit en milieu acide et drainant.
- La fersiallisation se développe en climat contrasté en libérant des oxydes de fer et des minéraux argileux hérités ou néoformés. Le complexe argile-fer est très stable. L'hématite est souvent présente.
- La vertisolisation se caractérise par des minéraux argileux gonflants (smectites) néoformés ou hérités créant une forte pédoturbation avec les alternances de gonflement-retrait dues aux cycles humectation - dessiccation.
- L'andosolisation se produit dans des matériaux volcaniques, s'altérant en allophanes qui s'associent aux humus en complexes organominéraux stables. Les propriétés physiques sont particulières, faible densité apparente et thixotropie.

# BIODIVERSITÉ MICROBIENNE ET FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE DES SOLS

**PHILIPPE LEMANCEAU**

UMR 1347 Agro écologie AgroSup/INRA/UB

**Les sols sont des environnements vivants dans lesquels évoluent des microorganismes particulièrement abondants et divers.**

Ils contribuent au fonctionnement biologique des sols. Ainsi, les communautés microbiennes sont impliquées dans les cycles géochimiques où les enzymes microbiens catalysent les différentes étapes de ces cycles. Le microbiote tellurique contribue ainsi à la nutrition des plantes mais également à leur santé. Il est également impliqué dans la biofiltration de l'eau. De façon plus générale, la biodiversité contribue à la productivité ainsi qu'à la stabilité de l'agroécosystème. Il est donc essentiel de prendre en compte la biodiversité et le fonctionnement biologique des sols lors de la conception de systèmes de culture et l'évaluation de leurs impacts. Les progrès réalisés au cours des dernières années en microbiologie des sols permettent maintenant de proposer l'analyse des propriétés biologiques des sols comme c'est le cas depuis de nombreuses années pour les propriétés physico-chimiques des sols. Ces analyses requièrent bien évidemment l'utilisation de procédures standardisées d'échantillonnage des sols, de mesure

de l'abondance et de la diversité des communautés microbiennes, ainsi que l'identification de bioindicateurs. De même, l'interprétation de ces analyses nécessite l'utilisation de référentiels pour permettre un diagnostic de l'état biologique des sols et pour déterminer en particulier si les valeurs obtenues sont dans la gamme de variations normale pour le type de sol et le mode d'usage considérés. La standardisation des procédures et l'établissement de référentiels ont progressé de façon très significative à l'occasion de programmes de recherche de grande envergure visant à caractériser la biodiversité aux échelles nationales et européenne. Ces éléments de diagnostic doivent s'accompagner de conseils et les recherches en cours visent à proposer des éléments d'aide à la décision au vu des résultats d'analyse biologique afin de maîtriser et gérer la biodiversité pour à la fois répondre aux exigences de fertilité des sols et de fourniture de services écosystémiques attendus des sols.

# INTRODUCTION À LA FAUNE DU SOL ET LES LOMBRICIENS

**DANIEL CLUZEAU**

Enseignant chercheur, Univ.Rennes - UMR CNRS Ecobio

**Les sols sont reconnus comme un des 3 grands réservoirs de biodiversité mais dont les diversités taxonomique et génétique sont fortement méconnues, aussi bien qualitativement que quantitativement. Peu de connaissances sont disponibles sur les profils écologiques de ces espèces de micro-, méso- et macro-organismes... en particulier, sur les vers de terre.**

La faune du sol est représentée par de nombreux taxons (dont certains sont présentés dans le tableau ci-dessous), comprenant eux-mêmes des centaines, voire des milliers d'espèces. Cela représente donc une source de biodiversité non négligeable qu'il convient de connaître pour mieux la gérer. Les abondances numériques et pondérales de ces groupes taxonomiques sont relativement hétérogènes, les animaux de petite taille étant plus nombreux que ceux de taille moyenne ou grande. Ceci entraîne des représentations pondérales non négligeables pour les protozoaires et les nématodes, vis à vis des animaux de taille moyenne comme les microarthropodes (Acaréens, collembolés et entognathes & archeognathes).

Voir tableau

En moyenne, en prairie permanente, la faune du sol comprend quelques 260 millions d'individus au m<sup>2</sup> constituant une biomasse de 1,5 t/ha (150g/m<sup>2</sup>). Ainsi, plus de 1000 espèces d'invertébrés se rencontrent dans 1 m<sup>2</sup> de forêt tempérée.

La notion de fonctionnement biologique du sol correspond à un système d'interactions entre différents compartiments de la couverture pédologique qui font intervenir un acteur biologique (faune ou microorganismes ou racine), ces interactions induisant un certain nombre de fonctions agronomiques ou environnementales de la couverture pédologique.

>

Groupe	Abondance (nb/m <sup>2</sup> )	Biomasse (g/m <sup>2</sup> )	Nombre d'espèces
Protozoaires	10 <sup>5</sup> à 10 <sup>11</sup>	6 à >30	68
Nématodes	10 <sup>6</sup> à 3x10 <sup>6</sup>	1 à 30	65
Arachnides, acariens	2x10 <sup>4</sup> à 4x10 <sup>5</sup>	0,2 à 4	140
Insectes Collembolés	2x10 <sup>4</sup> à 4x10 <sup>5</sup>	0,2 à 4	48
Oligochètes Lombriciens	50 à 400	20 à 400	11 (+36 sp. Enchytréides)
Insectes ptérygotes	jusqu'à 500	4,5	> 245
Myriapodes diplopodes	20 à 700	0,5 à 12,5	6
Myriapodes chilopodes	100 à 400	1 à 10	?
Crustacés Isopodes	jusqu'à 1 800	jusqu'à 4	6
		Prairie permanente tempérée	Hétraie Europe (sur mull)

Tableau - Diversité taxonomique, Abondance numérique et Biomasse (d'après Gobat *et al.*, 2003 : prairie, et Schaefer & Schauer mann, 1990 : hétraie)

Du point de vue du fonctionnement du sol, cette diversité taxonomique ne représente en biomasse que 50% de la biomasse microbienne du sol, qui elle-même ne représente que 0.15-0.20 % de la masse totale du sol. Que signifient ces 0.8 à 1 ‰ de biomasse animale en termes de fonctionnement des sols ? Pourquoi serait-il nécessaire de prendre en compte le fonctionnement biologique dans la gestion des sols tempérés ? Pourquoi focaliser sur les lombriciens parmi les invertébrés endogés du sol ?

Les lombriciens sont reconnus internationalement en tant que bio-indicateur d'état/réponse de la qualité des sols et d'impact fonctionnel. En tant qu'indicateur de réponse, ils sont révélateurs des pressions (pollution, pratiques agricoles, qualité de l'eau, espèces envahissantes...), des réponses en termes de mesures de gestion (restauration, protection...) et les services écologiques qu'ils rendent peuvent être évalués.

De par leurs impacts sur le fonctionnement des sols, ils sont considérés comme des espèces clés et organismes ingénieurs de l'écosystème. Ils agissent sur le processus de décomposition et de brassage de la matière organique, sur la structuration des sols et sur le fonctionnement hydrique des sols.

Les conséquences de leurs activités permettent, entre autre, la réduction de l'érosion, la stimulation des activités microbiennes, l'augmentation de la production végétale ainsi que la réduction des risques de pollution. Toutefois, aucune mesure de conservation ou protection n'existe actuellement pour venir atténuer leur disparition entamée depuis les années 1970 sous la pression de certains usages et gestions des sols.

Pourtant, il s'agit de la 1ère biomasse animale terrestre en zone tempérée, à la base de la chaîne alimentaire pour de nombreux oiseaux, aussi bien turdidés que petits rapaces, reptiles, batraciens, mammifères (cf publications en Pologne, Ecosse, Espagne, montrant que la densité de blaireaux est fonction de l'abondance des vers de terre dans le paysage ; & hérisson, taupe, sangliers, ...).

Il constitue aussi un bon outil pédagogique (simple, accessible/visible, connu dans la culture générale comme repoussant car gluant et serpentiforme mais aussi comme attirant par ses « bienfaits sur les sols », suscitant ainsi la curiosité), pour sensibiliser à la biodiversité des sols (sol vivant) tous les publics en même temps que les réseaux-métiers non liés à la biodiversité (enjeux sociétaux liés à l'agriculture, gestion de l'eau en ville, aires récréatives et jardins, habitats naturels, génie civil, ...).

Ainsi, ils ont été reconnus comme de bons bioindicateurs par différents programmes nationaux et européens car ils répondent aux 4 règles qui définissent un bon indicateur, à savoir, pertinence, fiabilité, sensibilité et reproductibilité. Ils ont montré leur grande sensibilité aux variations des conditions de leur environnement (variation physico-chimique de l'habitat sol et variations des sources trophiques) et à ce titre, ils sont donc reconnus comme des bioindicateurs de réponse aux contraintes pédoclimatiques et aux pratiques de gestion des sols, rendant compte ainsi de l'état, des usages et de l'évolution des sols dans un contexte agricole, industriel et urbain.

*Pour plus d'informations, consultez notre site web  
<https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/>*

# ÉVOLUTION DES SURFACES CULTIVÉES EN FRANCE ET DANS LE MONDE : ÉVALUATIONS ET ENJEUX

**PR. CHRISTIAN WALTER**

UMR 1069 SAS Agrocampus Ouest-INRA Rennes - Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture  
christian.walter@agrocampus-ouest.fr

**L'inquiétude sur l'insuffisance des surfaces cultivées en France et dans le monde pour assurer la sécurité alimentaire est relativement récente.**

En effet, la première révolution verte initiée dans les années 1960 a permis de tripler la production alimentaire mondiale tout en augmentant de façon modérée les surfaces cultivées : celles-ci sont passées entre 1960 et 2010 de 1380 Mha à 1550 Mha, principalement par accroissement des surfaces irriguées. En 50 ans, la superficie des terres cultivées est ainsi passée de 0,45 à 0,23 ha par personne grâce notamment à un accroissement des rendements par unité de surface. Les surfaces cultivées sont donc longtemps apparues non limitantes, d'autant qu'on évaluait à environ 1300 Mha la réserve de terres potentiellement cultivables, susceptibles d'être mobilisées pour accroître la production agricole.

Cette vision a évolué au cours des dernières années pour quatre groupes de raisons : (i) d'une part, le plafonnement des rendements, observé depuis une dizaine d'années pour un grand nombre de cultures, ne semble plus permettre l'accroissement de production nécessaire pour nourrir une population mondiale de l'ordre de 9 milliards d'habitants en 2050, sans accroître significativement les surfaces ; (ii) de plus, une part croissante des productions agricoles est destinée à des usages non alimentaires (cultures énergétiques, biocarburants, textiles) ce qui renforce la pression sur les surfaces cultivées ; (iii) par ailleurs, le modèle d'intensification agricole développé à partir des années 60 a généré des impacts environnementaux sur la biodiversité, l'eau, l'air, mais aussi sur les sols : la FAO considère que 40 % des surfaces actuellement cultivées sont soumis à des processus de dégradation ; (iv) enfin, les réserves pressenties de terres cultivables ne pourraient être mobilisées

sans impact important sur la biodiversité, les émissions de gaz à effet de serre, etc. L'urgence de porter une attention accrue à la question de la disponibilité des terres cultivées s'est donc imposée à l'échelle mondiale et les Nations Unies ont fixé en 2012, lors de la conférence de RIO+20, un objectif d'arrêt de la dégradation nette des terres.

L'objectif de l'intervention est d'analyser au cours des dernières décennies l'évolution des terres cultivées aux échelles mondiale et française. En comparant les ensembles continentiels, l'accent sera mis sur l'état de dégradation des surfaces cultivées actuelles et les réserves de terre cultivables. Il en ressort clairement une situation très tendue dans des régions du monde en forte expansion démographique, ce qui renforce la rivalité sur la ressource en sol et les transactions foncières internationales. A l'échelle française, l'évolution des surfaces cultivées sera d'abord analysée sur le temps long, qui montre une régression de ces surfaces, généralement les terres les moins productives, au profit des surfaces boisées et naturelles. L'artificialisation croissante des surfaces cultivées est une autre tendance forte de ces dernières décennies, dont l'importance reste mal estimée avec des évaluations de surface concernée fort différentes selon les sources d'information.

Finalement, la vision d'une ressource en sol cultivé non limitante doit être définitivement abandonnée que ce soit à l'échelle globale ou à l'échelle française. L'enjeu est bien de définir les termes d'une gestion durable des sols cultivés qui intègre leur rôle multifonctionnel et préserve les besoins des générations futures.

# GÉRER LES STOCKS DE MATIÈRE ORGANIQUE DES SOLS

pour entretenir leur fertilité et contribuer aux services écosystémiques rendus par les sols.

**SABINE HOUOT**

INRA, ECOSYS, 78850 Thiverval Grignon

**Les sols fournissent de nombreux services écosystémiques: production végétale pour l'alimentation ou pour la chimie verte, protection des eaux, support de biodiversité, support d'infrastructure.**

Plus récemment, les sols participent aussi à l'atténuation du changement climatique en stockant potentiellement du carbone. Les matières organiques jouent un rôle fondamental dans la fourniture de la plupart de ces services. Elles expliquent une grande part de la fertilité des sols : fertilité physique (agrégation et stabilité de la structure, rétention en eau et disponibilité de l'eau pour les cultures, capacité d'infiltration de l'eau dans les sols), fertilité chimique (fourniture d'éléments nutritifs pour les plantes), fertilité biologique (les matières organiques sont indispensables au développement de la plupart des microorganismes du sol et d'une partie de la faune). Elles sont au cœur du rôle environnemental des sols. L'augmentation des stocks de carbone dans les sols pourrait contribuer à l'atté-

nuation des émissions accrues de gaz à effet de serre (initiative 4 pour 1000). Différentes pratiques permettent d'augmenter les teneurs en matière organique dans les sols : la restitution des résidus de récolte, la couverture permanente des sols par des couverts végétaux, l'apport régulier de matières organiques exogènes. Ainsi, les effluents d'élevage sont classiquement retournés aux sols. Il existe d'autres ressources organiques d'origine urbaine ou industrielle qui pourraient contribuer à l'entretien humique des sols, particulièrement dans le grand bassin parisien où l'élevage est peu présent. Les effets potentiels de leur recyclage seront présentés mais aussi les conditions à leur insertion dans les itinéraires techniques de fertilisation des sols.

# L'EAU DANS LE SOL : ÉTAT ET BIODISPONIBILITÉ

**SYLVAIN CHARPENTIER.**

Professeur émérite de Science du sol, AGROCAMPUS Ouest-Centre d'Angers – 49045 Angers cedex

**Le sol est le lieu de l'absorption hydrique, pour les plantes mais aussi pour tous les micro-organismes qui y résident. Toute approche raisonnée du prélèvement d'eau dans le sol repose sur la maîtrise de sa disponibilité dans l'environnement racinaire ou microbien. Ce paramètre complexe de « biodisponibilité » intègre deux grandes notions, l'une quantitative qui définit le stock d'eau mobilisable dans le milieu par les organismes vivants et l'autre qualitative qui définit les possibilités énergétiques de transfert de l'eau du sol vers ces organismes.**

La biodisponibilité de l'eau représente l'aptitude biophysique de la plante (ou du micro-organisme) à prélever cette eau dans le sol. C'est physiquement le travail à fournir pour le transfert. Deux principales composantes physiques vont influencer sur cette biodisponibilité : une composante dite d'humidité ou encore matricielle et une composante osmotique. Moins il y a d'eau dans le milieu, plus celle-ci est liée à la matrice solide, et plus la contrainte matricielle est forte. Plus l'eau de la solution du sol est chargée en solutés (sels), plus la contrainte osmotique est élevée. Physiquement additives, ces deux contraintes doivent être raisonnées de front dans les milieux où la salinité n'est plus négligeable. La biodisponibilité de l'eau aura des conséquences directes sur l'absorption et bien entendu la croissance des plantes. De la situation de confort à une situation de rationnement, la relation disponibilité en eau vs croissance de la plante est continûment décroissante jusqu'à un seuil minimal au-delà duquel elle flétrit puis meurt. C'est le potentiel de l'eau dit au point de flétrissement. Autour de -1,6 MPa (ou -16 bars, ou encore pF 4,2) pour la plupart des plantes, c'est aussi une valeur courante pour la plupart des bactéries telluriques mais semblerait être encore plus faible pour de nombreux champignons.

Des systèmes de mesures tensiométriques ou électriques indirects sont disponibles sur le marché pour approcher la biodisponibilité de l'eau. Cependant, une approche volumique quantitative reste souvent la plus abordable mais doit être soumise à la mise en œuvre d'autres paramètres : profondeur d'enracinement, ETP, pluviométrie et propriétés de rétention du sol. Dans un sol, l'eau est retenue dans la porosité générée par l'organisation des particules solides et des phénomènes physiques que l'on peut assimiler à de la capillarité. Plus un pore est fin, plus l'eau y sera retenue énergétiquement. Chaque sol sera donc caractérisé par : sa porosité totale, et la répartition des différentes tailles de pore, des pores les plus grossiers d'où l'eau sera rapidement éliminée par drainage gravitaire jusqu'aux pores les plus fins où l'eau n'est plus disponible pour les plantes car trop fixée. D'un point de vue opérationnel et assez grossièrement, dans un sol, la porosité intermédiaire capable de retenir de l'eau disponible se situe entre 10 et 0,1 microns. Ce volume représente ce que l'on appelle classiquement la Réserve Utile (RU). Pour conserver la capacité de croissance du végétal dans les systèmes de culture, un apport devra avoir lieu quand la moitié (sol sableux) ou les deux tiers (sol argileux) du volume d'eau de la réserve utile aurait été consommés (notion de réserve facilement utilisable ou RFU).

# TRAVAIL OU NON TRAVAIL DU SOL ?

**JEAN ROGER-ESTRADE**

Professeur d'Agronomie, AgroParisTech, Université Paris-Saclay

**Le travail du sol, considéré comme l'ensemble des opérations mécaniques fragmentant le sol, tient une place à part dans les systèmes de culture. Comparé aux autres techniques agricoles, son impact sur les caractéristiques des sols cultivés est en effet bien plus global.**

En premier lieu, cet impact passe par la modification de la structure du sol : les actions mécaniques exercées par les outils (fragmentation et déplacement) et les tracteurs (tassement) modifient rapidement, et parfois très fortement, la structure. Or, celle-ci affecte un grand nombre de processus qui se déroulent dans le sol (circulation de l'eau et de l'air, intensité et nature des réactions biogéochimiques, conditions dans lesquelles s'activent la faune et la flore du sol, croissance et développement des adventices...). Ainsi les caractéristiques organiques, chimiques, biologiques, hydriques des couches superficielles sont affectées indirectement, via la structure, par le travail du sol et le roulage des engins.

À cet impact indirect s'ajoutent les impacts directs sur ces mêmes composantes de l'état des sols cultivés. En effet, le type de travail du sol (avec ou sans retournement, profond ou superficiel, avec des outils animés ou trainés,...) détermine la répartition verticale du stock de graines d'adventices, celle des éléments minéraux peu mobiles dans le sol, celle des résidus de culture ou des amendements. De même, le passage des outils affecte directement les populations ou la composition spécifique de la plupart des communautés d'organismes vivant dans et sur le sol. De même, le type de travail du sol et tout particulièrement la présence ou non du labour, détermine la présence (ou non) d'un mulch, c'est à dire d'une couverture de la surface du sol, constituée des résidus de culture ou d'une plante vivante. Ce mulch est d'une importance capitale pour la protection contre l'érosion, la lutte contre les adventices, les flux d'eau et de chaleur, la faune du sol.

Dans les systèmes de culture pour lequel on vise l'atteinte d'un rendement aussi proche que possible du maximum permis par la photosynthèse, le développement de l'usage des intrants de synthèse a, peu à peu, cantonné le rôle du travail du sol à un moyen de corriger les états structuraux jugés défavorables, pour améliorer l'efficacité d'utilisation des intrants (eau, éléments minéraux) et les conditions de germination levée des cultures. Dans les systèmes de culture en Agriculture Biologique ou dans les zones où l'érosion représente un réel problème, en revanche, le rôle du travail du sol est resté crucial : c'est un levier majeur pour faire face aux problèmes posés par le contrôle des adventices ou la maîtrise du ruissellement.

Quel que soit le type d'agriculture, les choix en matière de préparation des sols sont, dans une exploitation agricole, déterminants sur les plans économique, agronomique et environnemental. Il n'est donc pas étonnant que le travail du sol se trouve au cœur des débats concernant la manière de faire évoluer les systèmes de culture pour faire face au nouveau contexte auquel l'agriculture est confrontée.

Il est possible de comparer ces choix à partir d'un triptyque comprenant trois catégories de critères : ceux déterminant les performances en matière de rendement et de qualité des cultures ; ceux permettant d'apprécier l'impact sur l'environnement et la biodiversité et ceux enfin qui déterminent les performances économiques.

# LES CULTURES HORS SOL, HISTOIRE RÉCENTE ET DÉVELOPPEMENT

**MICHEL JAVOY**

Pôle technique SNHF

**La culture hors sol se définit comme étant sans lien avec le sol en place issu de la roche mère qui l'a généré, dont l'évolution normale se fait sous l'effet des facteurs climatiques augmentés de la végétation qu'il porte et, le cas échéant, de l'action de l'Homme.**

La culture hors sol fait appel à des milieux de cultures optimisés sans lien physique avec le sol, avec ou sans contenants ; parfois même sans substrat.

Il est difficile de dater précisément l'origine de ce mode de culture. Les archéologues retiennent souvent aux IX<sup>e</sup> et X<sup>e</sup> siècles les cultures de légumes sur radeau des aztèques dans la cité, en partie lacustre, de Tenochtitlan, l'actuelle Mexico.

Longtemps ce procédé de culture fut essentiellement utilisé pour acquérir de nouvelles connaissances sur la nutrition des plantes. Citons, pour l'essentiel les travaux de Jean-Baptiste Van Helmont (1579 – 1664), ceux de l'agronome français Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887). A la même période, Wilhelm Knop (1817-1891) & Julius Von Sachs, (1832-1897) découvrirent le rôle des sels minéraux dissous dans l'eau. Plus récemment, en France, les travaux d'Yves Coïc et Christiane Lesaint au sein du laboratoire INRA de Versailles permirent une réelle avancée en matière de calcul de composition des solutions nutritives.

Après une utilisation à des fins de ravitaillement des armées américaines sur les îles du Pacifique durant la seconde guerre mondiale, les cultures hors sol sous serres se développèrent en Hollande puis en France sans oublier les premières cultures sans substrat, en Angleterre, à partir de concept de NFT (nutrient film technique) mis au point par Alan Cooper.

Les principales motivations des cultures hors sol sont :

- L'implantation de plantes aux endroits où le sol a été fermé.
- La nécessité de déplacer les plantes, notamment pour les mettre en situation hors gel
- La substitution à un sol dont les qualités physico-chimiques et biologiques se sont dégradées.
- L'optimisation des conditions de travail. Les cultures de fraises sur des gouttières suspendues répondent à cet objectif.
- L'amélioration des performances agronomiques dans le respect d'un faible impact environnemental.
- Les substrats peuvent être classés en trois grandes catégories
- Les substrats minéraux bruts : les sables graviers, pouzzolane...
- Les substrats minéraux industriellement transformés tels que la perlite, la vermiculite, l'argile expansée, la laine de roche et la laine de verre...



Culture de tomates sur laine de roche

- Les matériaux organiques : les tourbes, les dérivés du bois, les fibres végétales (coco, lin...) et les déchets végétaux. Ces substrats sont souvent des sous-produits, facilement recyclables après usage.
- Les produits de synthèse comme les mousses de polyuréthane, peu développées en raison de leur fort impact environnemental.

Les cultures hors sol hydroponiques n'utilisent pas de substrat. Les racines des plantes sont baignées dans une lame de solution nutritive circulante. Dans la variante de culture aérohydroponique la solution est pulvérisée sur les racines suspendues dans des gouttières.

Le développement des cultures hors sol se fera en lien avec la raréfaction des terres cultivables du fait de l'urbanisation. Par ailleurs, l'agriculture urbaine sera largement utilisatrice de procédés de culture hors sol.

# SOLS ARTIFICIALISÉS : DE LA RECONSTRUCTION À LA CONSTRUCTION DE SOLS

LAURE VIDAL-BEAUDET

Enseignant-chercheur Agrocampus Ouest Campus d'Angers

**En Europe, la surface occupée par les villes a augmenté de 78 % depuis 1950 et on estime que 2,3 % du territoire européen est imperméabilisé, ce qui représente l'équivalent de 200 m<sup>2</sup> par citoyen (European Union, 2012).**

Le sol artificialisé a longtemps été considéré comme le support inerte du développement anthropique avec un intérêt marqué pour les ressources du sous-sol et un désintérêt évident pour ce qui pouvait se passer dans la couche supérieure de sol (oubli de ses spécificités et de ses fonctions). L'étalement et l'aménagement des aires urbaines se traduit ainsi par une consommation massive de la ressource en terre fertile non renouvelable.

Le sol urbain est globalement jeune (quelques dizaines à centaines d'années) et il est en général le résultat de dépôts successifs hétérogènes, stratifiés quelquefois sur plusieurs mètres, mais dont les épaisseurs varient en fonction des activités humaines développées au cours du temps. Il présente des horizons de surface souvent massifs, fortement modifiés par l'Homme via des mélanges, de l'incorporation et/ou de l'exportation de matériaux technogéniques souvent grossiers et potentiellement contaminés. En ville, une part importante et croissante de l'espace est dédiée à la végétalisation avec une tendance à réduire les proportions de sols scellés dans les nouveaux projets d'aménagement. Or, le sol urbain est généralement peu fertile pour la croissance des végétaux : tassement, scellement des surfaces, volume restreint et confiné, faible surface d'échange sol-atmosphère, ruissellement, circulation de l'eau et de l'air réduite, fertilisation faible, pollution forte.

Il faut donc trouver des solutions pour améliorer l'aptitude des sols urbains à assurer correctement la fonction de (i) support de production végétale, mais aussi de (ii) filtre, tampon,

stockage du carbone, de (iii) régulation du cycle de l'eau, du climat, de la pollution et de (iv) stockage des matières, valorisation et recyclage des déchets urbains. Ainsi en fonction de chaque situation d'aménagement, le sol peut être conservé mais aussi amendé, remanié, voire excavé et remplacé par un autre matériau pour favoriser le développement d'une végétation contrôlée ou spontanée. La réhabilitation des sols urbains en place ou la construction de sols fertiles à partir de sous-produits ou déchets urbains à recycler ou à valoriser afin de préserver la ressource naturelle « sol » devrait permettre une utilisation plus rationnelle des territoires et une résilience de l'écosystème urbain.

Le programme SITERRE a permis de démontrer la faisabilité de la construction de sols fertiles à partir de matériaux recyclés. Une évaluation semi-quantitative des services écosystémiques potentiels rendus par les mélanges du programme SITERRE en comparaison avec la terre végétale ou le mélange terre-pierre montre que les sols construits peuvent offrir de meilleures performances pour certains services comme la régulation du climat global (moins de transport, plus de stockage de carbone). Finalement, les actions majeures à mettre en œuvre sur les sols urbains sont fonction de l'usage et des services écosystémiques envisagés pour le sol afin de développer sa capacité sur le long terme à accomplir ses fonctions efficacement.

*EUROPEAN UNION, 2012. Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing, Publication Office of the European Union, Luxembourg*

# SOLS VIVANTS ET PERMACULTURE

**KEVIN MOREL**

Université Catholique de Louvain, *Earth and Life Institute*, Belgique - Chercheur indépendant en agroécologie

**À l'heure où l'agriculture majoritaire est pointée du doigt pour ses impacts néfastes sur l'environnement et en particulier sur les sols, de nouvelles approches alternatives de l'agriculture se développent. Parmi ces approches, la permaculture séduit en particulier une nouvelle génération de paysans, souvent non issus du milieu agricole, pour qui le retour à la terre concrétise avant tout un engagement citoyen et une recherche de sens.**

La permaculture est un mouvement écologique et social fondé à la fin des années 70 en Australie. Organisée autour du bien-être humain et du respect de la Terre, la permaculture propose un cadre théorique et des outils méthodologiques pour concevoir des systèmes humains durables en s'inspirant du fonctionnement des écosystèmes naturels. L'inspiration biomimétique de la permaculture, peut se traduire par la création de systèmes agricoles à plusieurs strates (associations de culture, agroforesterie) pour optimiser l'utilisation des ressources par les plantes, une couverture permanente du sol (couverts vivants, ou paillage), une place centrale donnée aux plantes pérennes et aux arbres qui agissent comme des pompes à nutriments et stockent du carbone, des pratiques biologiques favorisant la vie du sol, une gestion intégrée de l'eau à l'échelle du paysage.

Initialement développés pour concevoir des projets d'autonomie et de résilience locale dans un contexte d'après-pétrole, les principes de la permaculture sont de plus en plus adaptés à des fermes à vocation commerciale. Au-delà de quelques initiatives emblématiques très médiatisées, un nombre croissant d'agriculteurs expérimentent concrètement la mise en œuvre de la permaculture et d'autres approches voisines, souvent à petite échelle (ex : réseau maraîchage sur sol vivant, réseau SMART sur le maraîchage biologique en agroforesterie). Le peu d'études scientifiques disponibles sur le sujet montrent que ces pratiques peuvent être viables économiquement (même

si la viabilité économique reste toujours un défi en agriculture) et qu'elles semblent avoir des impacts positifs sur les sols : augmentation de la biodiversité vivant dans les sols, stockage accru de carbone (jusqu'à 2,6 % par an selon une étude), diminution du risque de lessivage des nutriments par la complémentarité des horizons racinaires explorés par les différentes strates végétales et par une couverture vivante dense du sol quasi constante.

Cependant, la permaculture n'est pas une panacée et de nombreuses pistes d'amélioration sont possibles dans ses applications. La vision globale très théorique prônée par cette approche a tout à gagner à s'enrichir de l'expérimentation concrète menée par des agriculteurs depuis des décennies en agriculture biologique ou en agriculture de conservation. Par exemple, une volonté globale de retour de la matière organique locale aux sols pourrait être complétée par une vision plus fine par élément chimique. En effet, certains systèmes inspirés de la permaculture, très productifs donc très exportateurs de matière, peuvent montrer des carences sur le long terme. Certaines pratiques phares de la permaculture, inspirées par des techniques pertinentes en milieu tropical ne le sont pas forcément en milieu tempéré et doivent donc être questionnées ou réadaptées. De plus amples recherches sont souhaitables pour préciser en quoi la permaculture pourrait être une source d'inspiration intéressante pour la transition agroécologique à plus grande échelle.

**Actes de la journée d'information - Édition 2017**

Publication de la Société Nationale d'Horticulture de France  
84, rue de Grenelle 75007 Paris • 01 44 39 78 78  
info@snhf.org • www.snhf.org

ISBN : 978-2-913793-26-2

**Mise en page :** Marion Duplessier  
**Impression :** Société Nationale d'Horticulture de France



**« Les multiples fonctions des sols passent souvent inaperçues. Ils n'ont pas de voix, et peu de gens s'expriment en leur nom. Les sols sont nos alliés silencieux dans la production alimentaire. »**

Ces phrases prononcées par José Graziano da Silva, Directeur général de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) lors de l'année internationale des sols en 2015 résument en peu de mots à la fois toute l'importance des sols et la faiblesse de l'intérêt qui longtemps leur a été porté.

Les sols contiennent 25 % de la biodiversité mondiale. Par leur couvert végétal, ils déterminent nos paysages, le dynamisme de notre système agricole, la qualité de notre nourriture.

Des sols sains sont non seulement à la base de la nourriture, des combustibles, des fibres mais ils sont également essentiels pour nos écosystèmes car ils remplissent un rôle très important dans le cycle du carbone, stockent et filtrent l'eau et améliorent la résilience face aux inondations et aux sécheresses.

Au jour où les découvertes s'accumulent sur l'écologie et le fonctionnement des sols, la SNHF vous invite à mieux comprendre et préserver ces sources de vie.



ÉDITION 2017

ISBN : 978-2-913793-26-2