

Savoir
faire

Gestion durable des sols

Laëtitia Citeau, Antonio Bispo,
Marion Bardy, Dominique King,
coord.



éditions
Quæ

Gestion durable des sols

Gestion durable des sols

Laëtitia Citeau, Antonio Bispo,
Marion Bardy, Dominique King,
coordinateurs

Collection *Savoir-faire*

L'anguille européenne
Indicateurs d'abondance et de colonisation
Gilles Adam, Éric Feunteun, Patrick Prouzet, Christian Rigaud, coord.
2008, 400 p.

Exploitation de matériaux marins et stabilité du littoral
Bernard Latteux
2008, 164 p.

Le bananier et sa culture
André Lassoudière
2007, 384 p.

Salmonidés d'aquaculture
De la production à la consommation
Camille Knockaert
2006, 328 p.

Analyse du génome et gestion des ressources génétiques forestières
Daniel Prat, Patricia Faivre Rampant, Emilce Prado
2006, 456 p.

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2008

ISBN : 978-2-7592-0190-7

ISSN : 1952-1251

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Nous dédions cet ouvrage à Michel Robert, directeur de recherche à l'Inra, qui a travaillé au service de la recherche du ministère chargé de l'Écologie à partir de 1994.

À l'origine de la création, en 1998, du programme Gessol, il en a ensuite assuré l'animation. Michel a consacré toutes ces années avec dévouement et passion au développement d'idées novatrices sur les sols, tant au plan national qu'euro péen.

Il est décédé brutalement le 28 octobre 2004 au cours d'une réunion portant sur les programmes de recherche européens devant accompagner la stratégie européenne pour la protection des sols.

Éminent scientifique, il a inspiré nombre de chercheurs qui ont participé au programme Gessol. Son esprit visionnaire, son enthousiasme pour la cause des sols et sa profonde humanité nous manqueront toujours.

Préface

Le 22 septembre 2006, la Commission européenne publiait une stratégie thématique en faveur de la protection des sols, assortie d'un projet de directive pour le Parlement et le Conseil des chefs d'État européens. Pour la première fois, un texte communautaire reconnaissait de façon officielle les fonctions des sols et proposait une politique pour limiter les risques de dégradation qui les menacent.

Les sols remplissent en effet de nombreuses fonctions indispensables aux écosystèmes et aux sociétés humaines. Depuis toujours, ces fonctions sont reconnues par les agronomes qui les utilisent et les préservent, notamment celles qu'assurent les sols dans l'alimentation des plantes en eau et en nutriments. En revanche, les fonctions écologiques des sols sont souvent négligées et très peu prises en compte par les politiques publiques. Les sols sont pourtant une interface entre les principaux compartiments de l'environnement que sont la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Il s'agit également de milieux naturels, siège d'une extraordinaire biodiversité. Dans le même temps, les sols font l'objet de pressions croissantes qui entraînent des dégradations graves et parfois irréversibles. Et bien que ces dégradations puissent s'inscrire dans des processus lents d'évolution des sols et être peu visibles, elles sont malheureusement bien réelles à l'échelle de la dynamique des écosystèmes.

Dès 1998, le ministère en charge de l'Écologie, ayant pris conscience des enjeux entourant les sols, lance un programme de recherche sur les fonctions environnementales des sols, programme nommé Gessol. Le premier appel à projets de recherche contient les principaux concepts et idées qui seront largement discutés par la suite lors des débats préparatoires au projet de stratégie européenne. On reconnaît notamment dans ce texte une identification claire des fonctions environnementales, avec par exemple la régulation du cycle des éléments, la séquestration du carbone, le pouvoir épurateur du sol, la régulation des flux hydriques, le support de la biodiversité et des paysages... Les principales dégradations y sont également citées : érosion, tassement, baisse des matières organiques, contaminations diverses...

Au total, vingt-trois projets ont été retenus suite aux appels à projets. Ces projets ont fait l'objet d'une centaine de publications scientifiques spécialisées (quatre-vingt publications recensées en 2007 dans des revues à comité de lecture international) et de deux colloques dédiés au programme Gessol. Afin d'élargir la diffusion

des résultats, en 2007, le ministère en charge de l'Écologie a confié au conseil scientifique du programme Gessol la rédaction d'un ouvrage de synthèse. L'idée retenue par ce conseil a été de proposer un format ouvert à un public diversifié, à savoir les acteurs qui, au quotidien, utilisent et/ou entretiennent les sols, les administrateurs en charge de la gestion des ressources et des territoires et, plus généralement, les élus responsables de la définition et de la mise en œuvre des politiques publiques. L'organisation du livre permet ainsi à chacun de trouver les informations qui l'intéressent en fonction de ses besoins et de ses propres connaissances sur les sols.

Les recherches soutenues par le ministère n'ont pas d'autre but que d'apporter des éléments scientifiques de qualité pour concevoir et mettre en œuvre des politiques publiques éclairées. Un apport remarquable du programme Gessol tient à sa contribution aux réflexions qui ont accompagné au niveau européen les projets relatifs à la stratégie européenne et à la directive-cadre sur les sols. Au niveau national, ce programme a également été présent en appui à la mise en place de réglementations spécifiques, comme par exemple le décret de février 2005 sur les risques d'érosion des sols en France (loi Bachelot 2003-699 du 30 juillet 2003). Il a par ailleurs contribué au lancement des programmes de surveillance des sols désormais gérés par le Gis Sol et coordonnés par l'unité Infosol de l'Inra.

Des étapes importantes ont été franchies, mais il reste encore beaucoup de chemin à parcourir avant que les fonctions des sols ne soient reconnues à leur juste valeur. Une politique des sols ne peut pas s'imposer sans une prise de conscience de toutes les parties prenantes. De nombreuses questions restent en suspens, comme les risques de conflits d'usage sur un territoire donné, la prise en compte de fonctions environnementales ayant un impact à l'échelle planétaire (production de gaz à effet de serre, stockage de dioxyde de carbone, dispersion des produits d'érosion...). Ce dernier point est très important, car si les différents pays ne s'accordent pas sur le devoir de protection des sols que chacun doit assurer, il se produira des distorsions économiques fortes entre les différents États.

Nous espérons que cet ouvrage contribuera à la diffusion des connaissances sur les sols et, plus largement, au débat des idées concernant la gestion durable de ceux-ci au sein du territoire national et, au-delà, en Europe et dans le monde.

Éric Vindimian

Chef du service de la recherche du Meeddat
Président du comité d'orientation du programme

Dominique King

Directeur de recherche à l'Inra
Président du conseil scientifique du programme

Avant-propos

En raison de leur position d'interface dans l'environnement, les sols jouent un rôle éminent dans les grands cycles biogéochimiques et le devenir des substances polluantes. Ils constituent un véritable système écologique, habitat d'une proportion importante de la biomasse continentale et réservoir d'une biodiversité considérable. Les sols sont également le support des activités humaines qui vont de l'agriculture aux infrastructures urbaines et industrielles. Dans le domaine de l'agriculture et de la sylviculture, les sols sont le support trophique de la production végétale. Ils sont ainsi un déterminant essentiel de la sécurité alimentaire et de la production de biomatériaux. À ce titre, et tenant compte de leur caractère non renouvelable à échéance des générations humaines, les sols constituent un patrimoine dont la gestion durable doit s'imposer comme une préoccupation nationale et internationale forte.

Principales fonctions des sols

Le constat peut être fait qu'au cours des cinquante dernières années, la fonction des sols comme support de la production végétale a été privilégiée dans une optique de suffisance alimentaire. Cela a amené à une simplification extrême et unique des fonctions des sols, avec une intensification des pratiques et l'oubli des potentialités pédoclimatiques ou du fonctionnement biologique.

Les sols sont non seulement le déterminant de la production végétale mais aussi de la qualité des produits, et donc indirectement de la santé humaine au travers des transferts d'éléments (dont les polluants) dans la chaîne alimentaire.

Les fonctions environnementales donnent aux sols un rôle plus large et tout aussi important dans la préservation de la qualité des autres composantes de l'environnement. Ils influencent directement la qualité de l'air, en tant que puits et sources de carbone et lieux de dénitrification. Les relations sont encore plus directes entre les sols et la qualité de l'eau, dans la mesure où le ruissellement, l'infiltration et l'entraînement des polluants altèrent la qualité chimique et biologique des eaux superficielles et souterraines. D'un point de vue général, les sols constituent un vaste bioréacteur qui assure la décomposition et la transformation des produits chimiques et biologiques.

Les fonctions écologiques se rapportent plutôt à la biodiversité, aux relations avec le paysage et les écosystèmes terrestres. D'autres fonctions existent, comme

la production de matériaux (argile, granulats...) et d'énergie (tourbes), ainsi que la préservation du patrimoine archéologique.

Devant la prise en compte de ces fonctions nouvelles, il est nécessaire de définir des notions de qualité des sols qui ne soient plus les seuls concepts de fertilité physique, chimique et biologique des agronomes.

Dégradation des sols

L'ensemble des activités humaines (l'agriculture, la sylviculture, le tourisme, l'occupation du territoire) mais aussi celles qui aboutissent à la production de déchets, à l'émission de polluants ou contribuent au changement du climat ont des impacts directs ou indirects sur les propriétés et la composition des sols. Ces derniers sont ainsi soumis à des pressions croissantes pouvant conduire à des processus de dégradation dont les conséquences sont d'altérer à la fois leurs capacités productives et leurs autres fonctions jugées positives pour les écosystèmes, la qualité des ressources naturelles ou la régulation du cycle des éléments.

Il est particulièrement important de se préoccuper des dégradations lentement cumulatives difficilement réversibles, qui doivent motiver une gestion patrimoniale de la ressource que constituent les sols. Les sols sont, par exemple, le récepteur de toutes les retombées atmosphériques (pluies acides, polluants minéraux ou organiques). Comme déjà indiqué, il s'agit depuis longtemps de lieux d'épuration des déchets de nature variée (lisiers, boues, composts...). Il est nécessaire de préciser les limites à ce pouvoir épurateur et les charges critiques à ne pas dépasser pour les polluants, et ce, afin d'éviter une dégradation des sols et de leurs fonctions.

Identifier et prévenir la dégradation des sols

Parler de dégradation des sols n'a pas de sens si nous ne disposons pas de méthodes objectives pour quantifier l'évolution de leurs propriétés et mesurer le potentiel de leurs fonctions dans l'espace et le temps. La notion de dégradation est aussi définie en relation avec ses conséquences environnementales sur l'eau et l'air. Il faut enfin tenir compte des différents usages des sols. L'objectif est donc d'améliorer la capacité à identifier, quantifier, prévoir et prévenir les processus de dégradation au niveau du territoire national, en lien avec les dispositifs des autres pays européens et de la Commission européenne. Cela implique la définition d'indicateurs pertinents de dégradation des sols, c'est-à-dire explicitement reliés aux conséquences mentionnées *supra*. Il faut également disposer de modèles permettant de généraliser dans l'espace les mesures ponctuelles, notamment afin de spatialiser les dégradations. Ces modèles permettent enfin d'établir des prévisions selon différents scénarios d'usages des sols ou de changement du climat.

L'objectif est donc, d'une part, de développer et de renforcer les dispositifs de surveillance pour alerter les pouvoirs publics, les utilisateurs et les citoyens des risques de dégradation des sols et des conséquences sur le bien-être et la santé

humaine, et, d'autre part, grâce à ces indicateurs, de pouvoir apprécier les moyens et les techniques mis en œuvre pour la protection, la gestion durable et la réhabilitation des sols.

Axes prioritaires du programme Gessol

Conscient des pressions croissantes sur les sols et du manque de recherches coordonnées sur les fonctions environnementales des sols, dès 1998, le ministère en charge de l'Écologie a mis en place le programme Gessol. La spécificité de ce programme est de prendre la notion de sol dans son acception la plus large et d'évaluer les évolutions de la qualité des sols qui conduisent à des dégradations des différentes fonctions définies précédemment (écologiques, environnementales) ou qui peuvent influencer sur la qualité des produits... Un des objectifs principaux de ce programme est de fournir aux décideurs publics des outils opérationnels et des bases pour évaluer, surveiller, voire restaurer la qualité des sols.

L'extension et la représentation spatiale des phénomènes de dégradation sont une préoccupation centrale du programme, lequel doit permettre une meilleure prévision et gestion des sols au niveau du territoire.

Le programme Gessol a fait l'objet de deux appels propositions de recherche (le premier d'entre eux ayant été lui-même conduit en deux temps). Dans le premier appel, lancé en 1998, quatre axes ont été distingués :

- qualités des sols : critères et méthodes d'évaluation ;
- processus de dégradation : causes, intensité, prévisions ;
- usage des sols : gestion et maîtrise des impacts ;
- aspects sociaux, économiques et politiques.

Dans le second appel, publié en 2003, deux axes plus ciblés étaient spécifiés :

- influence des pratiques agricoles sur la qualité des sols et leur gestion durable (gestion des matières organiques, fonctionnements biologiques, méthodes de protection des sols, devenir des composés biotiques et abiotiques dans les sols) ;
- influence des pratiques agricoles et sylvicoles sur les transferts et la qualité des eaux souterraines et de surface.

Lancement de la stratégie thématique sur la protection des sols de l'Union européenne

En parallèle aux travaux de recherche nationaux, la réflexion européenne sur la protection des sols progressait, notamment grâce à la participation active des experts français impliqués dans le programme Gessol. Ainsi, en 2002, la Commission européenne a émis une communication auprès du Parlement et du Conseil européen afin de proposer une stratégie thématique pour la protection des sols dans l'Union européenne. Les fonctions des sols y étaient rappelées, ainsi que les différents types de dégradations et de menaces pesant sur les sols. Par la suite, la Commission européenne a mis en place des groupes de travail sur trois

menaces principales: l'érosion, la contamination et la diminution des teneurs en matières organiques, cette dernière étant traitée conjointement avec la perte de biodiversité.

Plan et lecture de l'ouvrage

Le conseil scientifique du programme Gessol a choisi une présentation des résultats selon différents angles de vue. Plutôt que de décrire les vingt-trois projets à la suite les uns des autres, le conseil scientifique a choisi de les regrouper par grands thèmes, en mettant en valeur les complémentarités entre les projets. Les thèmes principaux retenus par la Commission européenne ont servi de base à ces regroupements. Il s'agit des chapitres 1 à 4. Compte tenu de son rôle primordial, la biodiversité du sol y est traitée de façon indépendante.

L'ouvrage s'articule de la manière suivante:

- Une introduction rappelle tout d'abord les notions clés sur les sols nécessaires à la compréhension des résultats des projets de recherche Gessol. Elle précise également les fonctions des sols ainsi que les principales dégradations qu'ils subissent.

- Les chapitres 1 à 4, qui constituent le *corpus* du livre, présentent de façon détaillée les principales avancées issues des travaux de recherche réalisés dans le cadre du programme Gessol:

1 – Dégradations physiques des sols: évaluation et mode de gestion;

2 – Matières organiques du sol: dynamique, fonctions et gestion des stocks;

3 – Contamination des sols: évaluation des risques liés au transfert et à la bio-disponibilité des contaminants;

4 – Biodiversité et fonctionnement des sols: impacts de la gestion des sols.

Après avoir dressé un état des connaissances, chacun de ces quatre chapitres met l'accent sur les outils d'évaluation (indicateurs, méthodes) et de spatialisation des dégradations mis au point dans le cadre du programme Gessol, et analyse l'impact des modes de gestion sur ces dégradations.

- Un dernier chapitre met en évidence la transversalité entre les acquis des différentes thématiques détaillées dans les chapitres 1 à 4. Il analyse également les valorisations actuelles et/ou potentielles de ces acquis en termes de méthodes, d'outils ou de modes de gestion des sols. Il ouvre enfin des perspectives de recherche à développer pour accompagner la mise en place d'une gestion durable des sols.

Ces différentes parties constitutives de l'ouvrage ont été conçues de manière à pouvoir être lues de façon indépendante, ce qui permet à chacun d'aller chercher les informations qui l'intéressent, en fonction de ses besoins et de ses propres connaissances sur les sols. Leur contenu est issu de l'exploitation des rapports intermédiaires et/ou finaux des vingt-trois projets de recherche, qui sont disponibles auprès des auteurs ou du Meeddat.

Remarque: les références bibliographiques non datées font référence aux rapports de recherches Gessol dont la liste est disponible en fin d'ouvrage.

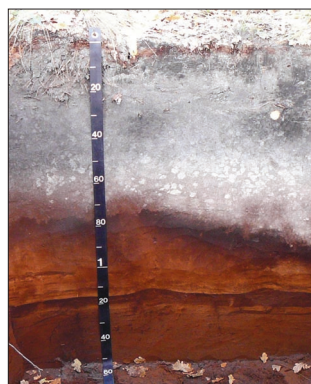
Sommaire

Préface	VII
Avant-propos	IX
Le sol et ses enjeux : un patrimoine peu renouvelable à préserver	1
<i>Un milieu variable, organisé, complexe et vivant</i>	2
<i>Un milieu clé de la qualité de notre environnement</i>	8
<i>Un écosystème au service de l'homme</i>	13
<i>Un milieu sous pression</i>	16
<i>Un milieu sans législation spécifique</i>	23
<i>Des besoins de recherche finalisés pour répondre aux questions des décideurs : le programme Gessol</i>	27
1 – Dégradations physiques des sols : évaluation et effets des modes de gestion	29
<i>État des connaissances</i>	29
<i>Développement de méthodes d'évaluation de la dégradation physique des sols</i>	38
<i>Impact des modes de gestion sur les propriétés physiques des sols</i>	51
<i>Moyens de prévention de l'érosion</i>	58
<i>Conclusion</i>	80
2 – Matières organiques du sol : dynamique, fonctions et gestion des stocks	83
<i>État des connaissances</i>	83
<i>Stocks et rôle des matières organiques dans les sols</i>	94
<i>Sols et effet de serre : émissions de gaz à effet de serre par les sols et pratiques de stockage du carbone</i>	110
<i>Conclusion</i>	130
3 – Contamination des sols : évaluation des risques liés au transfert et à la biodisponibilité des contaminants	133
<i>État des connaissances</i>	133
<i>Estimation du fond pédogéochimique pour les éléments traces métalliques</i>	148

<i>Caractérisation de la dynamique des pesticides et des micro-organismes dans les sols, à l'échelle d'un bassin versant</i>	150
<i>Étude de la biodisponibilité et des effets des éléments traces métalliques dans les sols: intégration dans des modèles d'évaluation des risques</i>	161
<i>Impact de l'épandage des matières organiques exogènes sur la qualité des sols</i>	172
<i>Conclusion</i>	183
4 – Biodiversité et fonctionnement des sols:	
impacts de la gestion des sols	187
<i>État des connaissances</i>	187
<i>Outils d'évaluation de la biodiversité des sols</i>	203
<i>Biodiversité et état structural des sols</i>	214
<i>Effets des changements d'usage du sol sur la diversité et l'activité des organismes du sol</i>	219
<i>Effets des modes de gestion des sols sur la biodiversité</i>	222
<i>Conclusion</i>	233
Quelles solutions pour une gestion durable des sols?	235
<i>Préambule</i>	235
<i>Surveillance des sols et des causes de dégradation</i>	238
<i>Prévision, prévention, atténuation, réhabilitation des sols</i>	264
<i>Gessol, un programme précurseur</i>	271
<i>Bilan et perspectives</i>	276
Conclusion générale	287
Références bibliographiques	289
Abréviations et acronymes	309
Liste des rapports de recherche Gessol	313
Coordinateurs et contributeurs.....	317

Le sol et ses enjeux : un patrimoine peu renouvelable à préserver

Podzsol durique, tacheté léopard, issu du sable des Landes, sous forêt. Ce sol est à pH acide et de texture sableuse. Il est caractérisé par une succession d'horizons très contrastés (A1 - A2/E1 - E2/BP - BPh - BPs - BPs/C), due à la migration des argiles, des matières organiques et des oxyhydroxydes de fer et d'aluminium qui s'accumulent en profondeur. On observe alors vers 80 cm de profondeur un alios qui est une couche assez compacte, de couleur brun-rouge foncé, constituée de sables cimentés par des matières organiques. La nappe phréatique peut remonter jusqu'à 80 cm de profondeur (niveau de l'alios). L'occupation du sol est une forêt mixte issue d'un semis naturel de pins maritimes et de diverses espèces de feuillus. Cette forêt ne subit aucune intervention sylvicole, à l'exception du débardage des arbres tombés à terre. Elle est classée en « réserve biologique ».



◀ **Andosol** situé en Martinique, sous forêt. Cet andosol est un sol relativement jeune, se développant sur roches volcaniques et sous pluviométrie importante. Il se caractérise par la présence de minéraux primaires et par la formation de minéraux secondaires, les allophanes (gels très hydratés), ainsi que par une circulation très aisée de l'eau et par la formation de micro-agrégats après séchage.

▶ **Sol brun lessivé**, faiblement hydromorphe, profond et développé sur limon éolien et schiste briovérien; sol cultivé, situé près de Rennes (Ille-et-Vilaine). D'un pH proche de la neutralité (de 6,0 à 6,9), il est de texture limoneuse. Les sols bruns lessivés sont caractérisés par une migration d'argile et de fer en profondeur, qui conduit à l'apparition



d'un horizon éluvial appauvri en argile, de couleur plus clair (horizon E), et d'horizons d'accumulation en profondeur (horizon BT) riches en argiles et en fer, de couleur ocre. Ici, le profil de sol est constitué de la succession suivante d'horizons : Lg (labour faiblement hydromorphe) /semelle de labour/E/Eg (horizon éluvial hydromorphe)/BT(gd)/BTgdx /Ctg (horizon d'altération). À la capacité au champ, des problèmes de battance apparaissent en surface et des problèmes de tassement en profondeur (apparition d'une semelle de labour).

Figure 1. Variété des systèmes-sol étudiés dans le cadre du programme Gessol. Trois exemples correspondant à différents types de sol sous différents modes de gestion (forêt, culture). (Photos : en haut © Infosol Orléans, E. Mikéli; au centre © IRD, E. Blanchart; en bas © Inra, C. Walter)

Un milieu variable, organisé, complexe et vivant

Une genèse conditionnée par de multiples interactions

Les sols se forment¹ à partir d'un substrat de diverses origines (roches d'origine géologique, limons et sables d'origine éolienne, alluvions de rivières), soumis à des processus influencés à la fois par le climat, le relief, les organismes vivants et l'activité humaine. La formation d'un sol est un processus lent qui peut prendre de quelques centaines d'années à plusieurs centaines de milliers d'années (*figure 2*).

Le climat est un facteur important de l'évolution des sols. En effet, sous l'action de l'eau, des variations de température (exemple: alternance de gel/dégel) et du vent, le matériau parental se fractionne de façon mécanique. Cette désagrégation physique conduit à la formation d'éléments de plus en plus petits qui s'altèrent plus ou moins en fonction des conditions climatiques. L'altération, quant à elle, transforme les minéraux initiaux par différentes réactions biochimiques (faisant intervenir l'eau, la présence d'oxygène, de dioxyde de carbone ou d'acides organiques) en composés solubles (sels...) et en minéraux secondaires (argiles...). Contrairement au processus de désagrégation, l'altération modifie la composition minéralogique du matériau parental.

La circulation de l'eau à travers le sol entraîne des éléments solubles (sels, calcium...) et des particules (argiles, matières organiques...) plus ou moins profondément, ce qui conduit à une organisation du sol en couches distinctes possédant des caractéristiques de couleurs et de structures homogènes (appelées horizons).

Sous des climats extrêmement froids, la formation du sol est dominée par des processus physiques, tandis que sous des climats tempérés et chauds, elle est dominée par les processus biochimiques. En France, le climat entraîne une évolution des sols assez peu marquée et lente, car il est globalement tempéré. Par conséquent, des facteurs locaux (le matériau parental, le relief et la végétation) auront plus d'incidence sur la formation et l'évolution des sols. À l'échelle mondiale, le climat est le facteur déterminant des processus de formation des sols, car à travers le contrôle de la température et du régime hydrique, il détermine notamment les flux d'eau et les vitesses de décomposition des matières organiques.

Le relief induit également des changements dans la formation des sols à une échelle locale, notamment par son effet sur le régime hydrologique. Ainsi, le relief engendre des transferts latéraux et verticaux d'eau qui véhiculent des éléments solubles et des particules jusqu'à des zones basses où ils s'accumulent. L'influence du relief se traduit par l'apparition de toposéquences (ou catenas).

¹ La formation des sols est également appelée la pédogenèse, laquelle correspond à l'ensemble des processus (physiques, chimiques et biologiques) qui, en interaction, aboutissent à la différenciation de la couverture pédologique (le sol) (Legros, 2007).

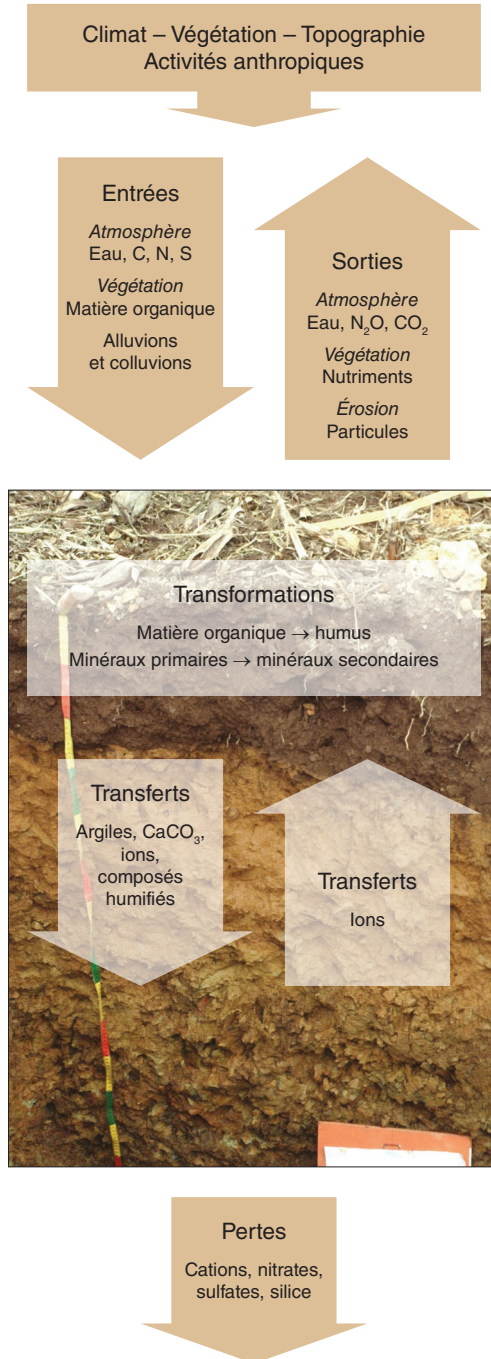


Figure 2. Mécanismes de base de la pédogenèse. (Source: Inra, C. Walter, com. pers.)

Si la désagrégation et l'altération contribuent à la formation de la composante minérale des sols, la colonisation progressive du sol par les organismes vivants (mousses, lichens, bactéries, champignons, végétaux) conduit à son enrichissement en matière organique. Cette dernière se mélange avec les composés minéraux, tels que les argiles, et contribue à la structuration des sols. L'influence des organismes vivants sur les processus de formation et d'évolution des sols se fait principalement par l'intermédiaire de la qualité de la litière végétale qui modifie l'activité biologique, sélectionne les micro-organismes et certains invertébrés et libère des produits plus ou moins résistants à la décomposition (par exemple, une litière acidifiante comme celle des forêts de sapins limite le développement et l'activité des micro-organismes, agents essentiels de l'humification² et de la minéralisation³).

Le matériau parental influe, par sa composition chimique et ses propriétés physiques, sur la formation et l'évolution des sols. Ainsi, les roches acides, siliceuses et peu perméables, comme le granite, subissent une altération lente et donnent souvent des sols plus minces et plus pauvres. En revanche, les roches friables, comme les loess issus des dépôts éoliens, laissent facilement pénétrer l'air, l'eau et les racines qui favorisent leur désagrégation et leur altération. Ces roches évoluent assez vite en sol, avec un profil épais pouvant atteindre plusieurs mètres de profondeur.

Les activités humaines telles que l'agriculture et les aménagements routiers et urbains ont un très fort impact sur l'évolution des sols. Par exemple, certaines actions comme la suppression des haies et talus (obstacles au ruissellement), l'utilisation d'engins lourds (pour les activités agricoles mais également sylvicoles et viticoles) et le labour favorisent respectivement l'érosion des sols, le tassement et la minéralisation des matières organiques dans les sols.

En fonction de la nature du matériau parental, du climat, du relief et de la colonisation par des organismes vivants, différents types de sols peuvent donc être formés. En France, par exemple, 15 à 20 grands types de sol peuvent être distingués (*figure 3*). La répartition de ces sols à l'échelle du territoire français correspond de manière générale à la répartition de la structure géologique (matériau parental). Ainsi, les sols bruns issus des formations limoneuses sont-ils notamment localisés dans les massifs anciens (Bretagne, Vosges, Massif central). Toutefois, à l'échelle locale, il existe une grande variabilité de ces associations types de sols/structures géologiques du fait de l'influence des autres facteurs (relief, climat, végétation, activités humaines).

² Humification : processus de transformation des matières organiques fraîches en humus sous l'influence de la microfaune et de la microflore du sol.

³ Minéralisation : processus de transformation des matières organiques du sol en composés minéraux (CO₂, H₂O...).