



LES JOURNÉES  
DE L'ÉDUCATION  
RELATIVE À  
L'ENVIRONNEMENT

# guide pédagogique

LES SOLS • AVRIL 2012

  
alterre  
bourgogne



[www.alterre-bourgogne.fr](http://www.alterre-bourgogne.fr)

## Remerciements, crédits et financements

Ont contribué à la conception de ce guide pédagogique :

### ▪ Volet 1 : Les sols – Apport de connaissances

Rédaction : Christine COUDURIER, Alterre Bourgogne  
Avec la contribution d'Hélène TOUSSAINT, Alterre Bourgogne

### ▪ Volet 2 : Les sols - Fiches activités

- Association nationale des Petits débrouillards
- Association Pirouette cacahuète
- FRAPNA (Fédération Rhône-Alpes de protection de la nature)
- Association Bourgogne énergies renouvelables

**Comité de relecture :**

#### **Académie de Dijon :**

Christine BOBIN

#### **Alterre Bourgogne :**

Aurélie BERBEY  
Stéphanie MARQUET  
Valérie TRIVIER

**Ce guide pédagogique a été réalisé avec l'appui financier de :**



## Les campagnes de l'EEDD, mode d'emploi

Le SFFERE (Système de formation de formateurs à l'éducation relative à l'environnement) organise tous les deux ans, les campagnes de l'éducation à l'environnement et au développement durable (EEDD).

A travers les campagnes de l'EEDD, le SFFERE met à l'honneur un thème porteur d'enjeux forts en matière d'environnement et de développement durable (changement climatique, alimentation, mobilité, sols...) ou d'éducation au développement durable (l'EEDD par l'expérience et la découverte). La thématique retenue pour la période 2011/2012 est : « les sols, terreau fertile pour l'EEDD ».

Pour susciter des projets pédagogiques et des actions innovantes dans les structures éducatives et établissements scolaires, le SFFERE met à disposition des enseignants et des animateurs plusieurs outils d'accompagnement :

- Le guide pédagogique « les sols, terreau fertile pour l'EEDD », qui fournit des apports de connaissances, des pistes d'activités et des ressources.
- Les Rencontres de l'EEDD qui ont notamment vocation à lancer la nouvelle thématique des Campagnes, sont organisées le 17 novembre 2011. Elles ont pour objectif de :
  - offrir un espace de réflexion et d'échanges sur la thématique des sols,
  - valoriser des expériences et des pratiques,
  - favoriser la création d'une dynamique de mutualisation pour inciter les structures à développer des projets d'EEDD sur le territoire bourguignon.
- Des formations, en lien avec la thématique des campagnes, qui sont proposées dans le plan de formation Planif'SFFERE.
- Une affiche pour permettre de communiquer autour du thème des campagnes, des actions et des évènements mis en place dans les structure.

En complément de ces outils, la plateforme EEDD Bourgogne ([www.eedd-bourgogne.fr](http://www.eedd-bourgogne.fr)), créée par un ensemble de partenaires régionaux de l'EEDD et pilotée par Alterre Bourgogne, mutualise des ressources, des pistes d'actions à mener et des outils à utiliser, dont certains sont en lien avec la thématique des campagnes de l'EEDD.

N'hésitez pas à la consulter !

## Sommaire

Introduction

### Première partie - Qu'est-ce que le sol ?

- L'élaboration du sol
- La différenciation du sol
- Le sol physico-chimique :
  - Texture et granulométrie du sol
  - Structure d'un sol
  - Porosité d'un sol
  - L'eau dans le sol
  - Le pH du sol
- Le sol vivant
  - Une faune et une flore méconnues
  - Et pourtant !
- Diversité des sols
  - Les sols bourguignons

### Deuxième partie - Les fonctions du sol

- La fonction support des sols
  - Le sol, support des végétaux et des animaux
  - Le sol, support des activités humaines
  - Le sol, archive du passé plus ou moins lointain
- La fonction de production des sols
  - Productions agricole et forestière
  - Productions énergétiques
  - Production de matériaux de construction
- Les fonctions environnementales des sols
  - Sol et cycle de l'eau
  - Sol, cycle du carbone et climat
  - Sol, réservoir de biodiversité

### Troisième partie – Dégradations des sols

- Les différentes formes de dégradation naturelle des sols
- Dégradation des sols et activités humaines
  - Artificialisation des sols et urbanisme
  - Erosion des sols

- Compaction des sols
- Pollution des sols
- Perte de diversité biologique

## **Quatrième partie – Sol, alimentation et changement climatique : des enjeux complexes**

- Sol et alimentation

- Les sols cultivables, une ressource limitée
- Nourrir 9 milliards d'êtres humains à l'horizon 2050

- Sol et changement climatique

- Les agrocarburants pour lutter contre l'effet de serre ?
- Des répercussions à prendre en compte

- Changement climatique et alimentation : le sol au cœur des enjeux

## **Conclusion**

### **Quelques compléments sur les sols :**

- L'agriculture et les sols, une relation étroite
- Questions de vocabulaire : les sols, la terre, langages et concepts

## **Bibliographie**

## Introduction

Cachés sous les forêts, sous les prairies, sous les routes, sous les bâtiments, sous nos pieds... il y a les sols, auxquels nous ne prêtons pas beaucoup d'attention. Or, les sols nous sont indispensables car ils assurent des usages essentiels tels que l'alimentation ; ils renferment de nombreuses ressources indispensables, ils abritent une vie végétale et animale d'une grande richesse et ils sont à la base de tous les écosystèmes. Discrets et fragiles, les sols subissent cependant de nombreuses dégradations : ils sont bétonnés, exploités, stérilisés, pollués et gaspillés par les activités humaines. L'utilisation raisonnée des sols est un défi environnemental majeur du 21<sup>e</sup> siècle.

Le sol assure un grand nombre de fonctions, telles que des fonctions environnementales (cycle de l'eau, cycle de la matière et du carbone, réservoir de biodiversité...), des fonctions de production pour l'Homme (alimentation et agriculture ; production énergétique...), des fonctions patrimoniales et culturelles (archéologie, paléontologie...), ce qui le place à la croisée de nombreux enjeux du développement durable. À ce titre, il est important de mieux le comprendre et de mieux le connaître pour le gérer de la façon la plus durable possible.

En termes d'enjeux pédagogiques, le sol constitue aussi un support de premier choix : on peut l'aborder à travers différentes disciplines – la SVT bien sûr, mais aussi la géographie et l'Histoire, et également les disciplines artistiques – et on peut le mettre au programme de l'école au lycée. Le sol permet de mettre en place des démarches pédagogiques variées, comme par exemple les approches sensibles ou encore la démarche scientifique.

Ce guide pédagogique propose de partir à la découverte des sols, de ses fonctions, de ses habitants mais aussi des menaces qui pèsent sur lui, pour mieux comprendre les enjeux de sa préservation.

## Première partie - Qu'est-ce que le sol ?

Le sol est la peau vivante des continents, l'épiderme de la Terre. Il s'agit d'une fine couche, généralement meuble, située à l'interface de la lithosphère et de l'atmosphère.

Le sol est le support de la vie végétale et animale, ainsi que des activités humaines. Mais il n'est pas que cela, il s'agit aussi d'une entité vivante à part entière. Un sol naît, se développe, meurt et disparaît si les conditions de son maintien ne sont pas réunies.

Le sol est complexe et extrêmement peuplé, la densité de vie y est souvent considérable : un hectare de sol forestier contient autant d'êtres vivants qu'il existe d'êtres humains sur la planète.

### L'élaboration du sol

Tout comme l'atmosphère qui nous entoure, le sol est le produit de la vie. Il s'élabore lentement au fil des siècles. Il faut plusieurs milliers d'années pour constituer un sol arable sous un climat tempéré.

Le sol résulte de l'altération et de la dégradation des roches sous les actions combinées de l'eau, de l'air et des êtres vivants. Son épaisseur varie considérablement selon l'endroit où l'on se situe, allant de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres. Il est aussi parfois absent, dans certaines conditions extrêmes (fortes pentes, climats trop rudes).

#### Les principales étapes de l'élaboration d'un sol :

Au départ, il faut des roches, des êtres vivants avec leurs matières organiques<sup>1</sup>, de l'eau, de l'air et du temps. Sous l'action des éléments climatiques, la roche mère<sup>2</sup> s'altère et se dégrade de plusieurs façons : elle est brisée en petits morceaux sous une action physique ou mécanique, du fait de l'eau, du vent, ou des glaciers qui vont concasser les cailloux. Le gel participe aussi à la dégradation de la roche mère par le biais d'un processus qu'on nomme la diaclase. Une décomposition chimique intervient également, sous l'action de l'eau : cette dernière dissout certains composés chimiques des roches en donnant naissance à de nouveaux composés minéraux, comme les argiles...

À cela s'ajoute l'action de certains êtres vivants, comme par exemple les bactéries, les algues, les lichens qui peuvent produire des acides pouvant dissoudre les roches.

Quant aux végétaux, leurs racines peuvent s'infiltrer dans les interstices des roches et désagréger les roches par une action mécanique. Ainsi altérations physiques, chimiques et biologiques contribuent à former un mélange constitué des minéraux de taille et de nature variées auxquels s'ajoutent des éléments organiques issus de la vie.

À ce stade, différents organismes vivants (comme les algues et les bactéries) colonisent le sol et préparent l'installation des mousses et des lichens. Ils enrichissent le sol en formation en matière organique, le rendant ainsi favorable à l'installation des végétaux, puis des premiers animaux.

Tout ce qui vit et meurt sur et dans le sol est donc incorporé au sol. Les matières mortes sont décomposées et recyclées par les habitants du sol, pour former l'humus.

---

<sup>1</sup> La matière organique est fabriquée par tous les organismes vivants : elle est principalement composée de carbone (C) ; d'oxygène (O), d'hydrogène (H) et d'azote (N) qui s'associent pour former des molécules complexes.

<sup>2</sup> La roche mère est la roche à partir de laquelle se développe un sol.

Le sol a donc une double origine :

- organique, parce qu'il se forme à partir des débris de ce qui vit sur lui ;
- minérale, puisqu'il est aussi formé à partir de la roche mère.

## La différenciation d'un sol

Un sol s'organise en horizons. On entend par horizon des couches horizontales successives qui composent le sol ; ces horizons sont plus ou moins distincts et nets selon les types de sol.

Lorsqu'on se promène en forêt, on foule une fraction odorante composée d'éléments grossiers : la litière<sup>3</sup>. La litière est la partie supérieure de l'**horizon A** du sol. Elle est composée de débris végétaux (feuilles, brindilles, branches...), de cadavres d'animaux, d'excréments, de produits du métabolisme auxquels s'ajoute une fraction plus minérale, plus ou moins transformée selon les sols.

La litière abrite un grand nombre d'organismes vivants à qui elle fournit de quoi s'alimenter. En se nourrissant, ceux-ci contribuent à la transformation de la litière qui évolue en humus.

Au-delà des processus de décomposition de la matière organique, la constitution du sol se poursuit sous l'effet des échanges qui se mettent en place dans les différentes strates du sol. Les constituants du sol ne sont pas figés, ils se transforment, se combinent à d'autres produits, s'accumulent et se déplacent :

- du haut vers le bas : sous l'effet de l'eau qui s'infiltre, des composés organiques et minéraux peuvent migrer vers les profondeurs (on parle de lessivage). Les éléments solubles peuvent s'accumuler dans les couches plus profondes (dans les horizons d'accumulation) ou être entraînés vers les nappes phréatiques ;
- du bas vers le haut : certains composés remontent à la surface par capillarité, sous l'effet de l'évaporation, ou sous l'action des végétaux ou de certains animaux ;
- dans tous les sens : les vers de terre, par exemple, transportent de la matière de haut en bas et de bas en haut, mais ils se déplacent aussi de façon latérale ;

Ce sont ces différents mouvements et ces combinaisons chimiques qui conduisent à la différenciation des horizons du sol<sup>4</sup>. Les pédologues<sup>5</sup> désignent les horizons par des lettres différentes :

### Les horizons du sol :

**Horizon O (ou A0)** : Cet horizon est organique (riche en humus) et comporte des débris végétaux qui sont partiellement décomposés et pratiquement non reconnaissables sur le terrain. Il contient 30 % de matière organique.

**Horizon A** : Il contient à la fois de la matière organique et de la matière minérale. Dans quelques rares cas, il résulte de la pénétration de la matière organique dans le sol sous forme de constituants solubles. Mais, en général, il est le résultat d'un brassage mécanique par les organismes vivants dans le sol (vers, insectes) ou bien il matérialise l'intervention d'outils dans le cas des sols cultivés.

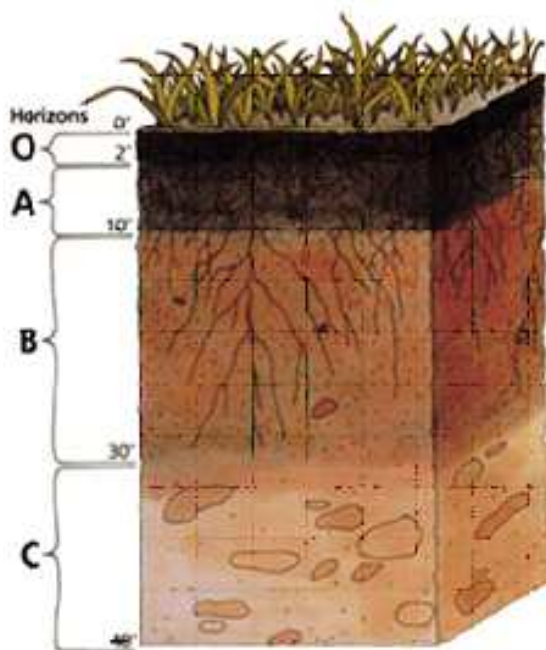
---

<sup>3</sup> La litière est la partie supérieure du sol dans laquelle on retrouve les débris végétaux, des cadavres d'animaux et des excréments. La litière est lentement transformée en humus, par les bactéries, les champignons, les animaux du sol : par une action essentiellement mécanique, ils fragmentent les restes animaux et végétaux en une substance dans laquelle on ne reconnaît plus l'origine des différents composants.

<sup>4</sup> Les horizons sont les couches superposées formant le sol.

<sup>5</sup> Un pédologue est un spécialiste de la pédologie, la science du sol.





**Horizon B** : Il est enrichi en divers constituants, suivant les cas : argile, fer, matière organique, carbonate de calcium, etc. Ces constituants proviennent en majorité du lessivage par les eaux de percolation (eaux de pluies, irrigation) des horizons sus-jacents et en particulier de l'horizon O. Il est distingué par sa couleur, sa structure, la nature de ses constituants, sa granulométrie.

**Horizon C** : Il résulte de l'altération de la roche mère. La transformation de celle-ci reste limitée si bien que nombre de ses caractères originels (litage, schistosité, minéraux) sont encore très visibles.

**Horizon R** : Il correspond à la roche-mère dure (granite, calcaire, grès...).

Tous les sols n'ont pas forcément la même organisation. Certains horizons peuvent être plus ou moins importants, certains peuvent être absents. Il

existe ainsi des sols peu évolués, peu épais, et peu structurés en horizons. Les sols plus évolués sont composés de plus d'horizons et sont plus épais. Les pédologues distinguent ainsi plusieurs types de sols qui reflètent des stades évolutifs différents.

La différenciation d'un sol ne dépend pas de son âge : des sols peu différenciés peuvent être plus anciens que des sols récents et très différenciés. Par exemple, les sols calcaires ont peu d'horizons et certains facteurs, comme une forte pente, peuvent favoriser l'érosion et bloquer la différenciation des sols.

### **L'Homme, un facteur d'évolution des sols :**

L'Homme, à travers ses activités, est aussi un puissant facteur d'évolution des horizons d'un sol. Il est d'abord intervenu modestement puis de plus en plus activement en modifiant la couverture végétale du sol, le plus souvent pour sa mise en culture.

La plupart des pratiques agricoles (labour, drainage, fertilisation, désherbage chimique...) voire forestières (coupe à blanc, enrésinement...) agissent de façon plus ou moins sensible sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

## **Le sol physico-chimique**

Les constituants du sol sont très variés : de l'eau, de l'air, des substances minérales, des matières organiques, des racines, des êtres vivants...

Pour décrire les caractéristiques physico-chimiques d'un sol, on s'attache à étudier plusieurs paramètres :

- **La texture et granulométrie du sol**

La granulométrie correspond précisément à l'inventaire des tailles des particules minérales qu'on trouve dans le sol.

La texture correspond à la proportion relative des argiles, des limons et sables contenus dans le sol, particules qui ont des propriétés propres qui se répercutent à l'échelle des horizons du sol.

Particules	Taille
pierre	de 7 cm à 20 cm
cailloux	entre 2 cm et 7 cm
graviers	entre 2 mm et 2 cm
sables	entre 0,05 mm et 2 mm
limons	entre 2 microns et 0,05 mm
argiles	taille inférieure à 2 microns

- **La structure d'un sol**

Les agrégats sont les éléments de base de la structure d'un sol. Ils correspondent à la façon dont s'agrègent les matières minérales solides, les humus et les organismes vivants. Une motte de terre correspond à un emboîtement de plusieurs de ces agrégats.

Tous les agrégats ne se ressemblent pas et les sols n'ont pas tous une structure grumeleuse. Il existe par exemple des sols à structure particulaire, qui correspondent à des sols plutôt sablonneux dans lesquels les particules ne peuvent pas s'agréger.

Certains sols ont à l'inverse une structure massive, liée au fait que les particules s'agrègent de façon compacte. Enfin, d'autres sols ont une structure fragmentaire, c'est-à-dire qu'ils sont constitués d'agrégats dont les formes et les tailles peuvent varier à l'infini.

La structure d'un sol se modifie fortement en peu de temps, notamment sous l'effet des pratiques culturales. Cette caractéristique est en perpétuelle évolution et dépend de la texture du sol, de la quantité et de la qualité de l'humus, de l'acidité, de la vie du sol, du climat ainsi que de la richesse en certains minéraux...

- **La porosité d'un sol**

Elle correspond à l'ensemble des volumes d'un horizon qui ne sont pas occupés par des matières solides et qui sont disponibles pour l'air, l'eau, les racines ou les êtres vivants. Il existe ainsi tout un réseau de pores et de canaux dans le sol, dont l'existence est essentielle car il assure la continuité des échanges gazeux et liquides.

La porosité du sol dépend de sa texture, de sa structure et des activités biologiques qui s'y déroulent.

- **L'eau dans le sol**

Dans le sol, l'air qui remplit les vides peut être remplacé par l'eau et vice versa, créant ainsi un équilibre. Si le sol est gorgé d'eau, peu de pores sont disponibles pour l'air, le sol devient asphyxiant. Les sols sont plus ou moins drainants, selon leur texture, structure et porosité. Un sol sableux laisse passer l'eau facilement tandis qu'un sol argileux retient l'eau. L'eau circule différemment selon la taille des pores du sol et est plus ou moins disponible pour les organismes vivants.

Si l'eau influence fortement la vie du sol, celui-ci tient aussi une place prépondérante dans le cycle de l'eau. Lorsqu'elle tombe, l'eau ne va pas directement dans les nappes phréatiques mais circule à

travers le sol. Une fois qu'elle est tombée au sol, l'eau peut ainsi s'évaporer, être absorbée par les plantes et les animaux ou s'écouler vers les nappes phréatiques après un séjour plus au moins long dans le sol.

- **Le pH du sol**

Les sols peuvent être plus ou moins acides selon l'influence de la roche mère (c'est-à-dire de la couverture géologique sur laquelle ils se développent), la couverture végétale, les saisons, le climat, les pratiques agricoles.

Une végétation constituée de résineux aura par exemple tendance à acidifier les sols sur lesquels elle se développe, tout comme les roches mères siliceuses. L'influence du pH est très importante pour la végétation et pour les organismes qui vivent dans le sol.

## **Le sol vivant**

- **Une faune et une flore méconnues...**

Un promeneur qui foule un sol ne se doute pas de la multitude d'organismes en tout genre qui grouille sous ses pieds. Et pourtant, ils sont nombreux à s'activer ! Le sol abrite en effet le quart des espèces vivant sur Terre. Par exemple, une cuillère à café de sol de jardin peut contenir des milliers d'espèces, des millions d'individus et une centaine de mètres de mycélium<sup>6</sup>.

Exprimés en biomasse, les chiffres sont impressionnants : sur un hectare de pelouse de moyenne montagne pâturé par deux vaches, la biomasse de la faunule<sup>7</sup> contenue dans le sol dépasse les deux tonnes (une tonne d'arthropodes, une tonne de vers de terre...) et est donc bien supérieure à la biomasse des deux animaux qui paissent sur ce sol.

Les habitants du sol sont plutôt discrets, mais il suffit de soulever une feuille pour voir se faufler un ver de terre ou grouiller de nombreux insectes. Certains sont familiers, comme par exemple les taupes, d'autres totalement méconnus ; certains sont visibles, comme les cloportes ou certains coléoptères ; d'autres microscopiques ne sont pas visibles à l'œil nu.

Certains animaux occupent le sol seulement pour une période de leur cycle de vie et y vivent à l'état larvaire ; d'autres, comme le blaireau et la marmotte, l'utilisent pour y creuser leur terrier.

Le sol et ses différents étages offrent autant d'habitats différents à ceux qui l'habitent en permanence.

Cette faune a dû s'adapter aux caractéristiques de ce milieu qui peut paraître hostile. Plus on descend en profondeur, plus les animaux sont petits, allongés et plus leurs yeux s'atrophient. Il existe d'ailleurs des phénomènes de convergences morphologiques entre certaines espèces qui vivent dans le sol : par exemple, la courtilière a développé des pattes dont la forme rappelle celles des taupes.

La faune et la flore du sol sont deux des composantes les moins connues et les plus cachées de la biodiversité. Le sol est actuellement considéré comme la troisième frontière biotique, au même titre que les grands fonds océaniques et les canopées des forêts équatoriales.

Les organismes du sol sont généralement subdivisés en plusieurs groupes qu'on classe selon leur taille :

---

<sup>6</sup> Le **mycélium** désigne l'ensemble des filaments souterrains et ramifiés des champignons.

<sup>7</sup> La **faunule** est la faune de très petite taille

- la mégafaune : comme les taupes, les crapauds, les serpents ;
- la macrofaune : visible à l'œil nu, comprend entre autres les vers de terre, les termites, les fourmis et les larves d'insectes ;
- la mésofaune : visible à la loupe, comme les collemboles et les acariens ;
- la microfaune et les micro-organismes : visibles seulement au microscope (protozoaires, nématodes, bactéries, champignons, algues).

Les plus petits organismes sont les plus nombreux et les plus diversifiés : il existerait ainsi plus de deux millions d'espèces de bactéries et de champignons dont seulement 1 % serait identifié. Les vers de terre représentent quant à eux le groupe dont la biomasse est la plus importante et la diversité spécifique la mieux connue.

- **Et pourtant !**

Toute cette faune ne se contente pas d'habiter dans le sol, elle contribue aussi largement à son façonnage et à son fonctionnement :

- Les vers de terre, les termites et les fourmis peuvent être considérés comme de véritables ingénieurs physiques de l'écosystème sol. Ils assurent le renouvellement de la structure du sol, créent des habitats pour les autres organismes et régulent la distribution spatiale des ressources en matière organique ainsi que le transfert de l'eau.
- Les nématodes, les collemboles et les acariens sont des régulateurs qui contrôlent la dynamique des populations du sol et agissent sur leurs activités. La présence d'une diversité de prédateurs permet, par exemple, de limiter la prolifération de certains champignons ou bactéries pathogènes des cultures.
- Les micro-organismes (bactéries, champignons microscopiques) peuvent être considérés comme des ingénieurs chimistes qui assurent la décomposition de la matière organique (ex : les feuilles des arbres) en éléments nutritifs facilement assimilables par les plantes comme l'azote et le phosphore. Ils sont également responsables de la dégradation des polluants organiques (comme les hydrocarbures et les pesticides).

Tous les cycles biologiques terrestres passent par le sol et sont le fait des habitants du sol. L'activité biologique autour de la matière organique est à la base de nombreux cycles biologiques et chimiques : on parle de cycles biogéochimiques. Ces cycles permettent de rendre disponibles des nutriments sous une forme moléculaire simple et assimilables entre autres par les végétaux. Les cycles les plus connus sont ceux du carbone et de l'azote qui interviennent dans la régulation des gaz à effet de serre.

Le sol est aussi un compartiment clé du cycle de l'eau, tant en termes de quantité de la ressource qu'en termes de qualité.

## **Diversité des sols**

Les sols n'ont pas de contours précis, il n'est donc pas évident de les cartographier. De nombreuses tentatives de classements ont été réalisées, qui sont parfois contradictoires car elles se basent sur des critères différents : critères climatiques, critères physico-chimiques, critères pédo-génétiques...

La diversité des sols s'exprime à travers les paysages, modelés au fil des temps géologiques, ainsi que l'occupation des sols, reflets de l'histoire humaine. La lecture de paysage est le premier pas vers la connaissance du sol.

- **Les sols en Bourgogne**

En Bourgogne, comme partout ailleurs, quatre grands facteurs sont responsables de la formation et de l'évolution des sols : la nature de la roche mère ; le climat, qui n'a pas toujours été le même que celui que nous connaissons actuellement ; le relief et notamment les pentes de terrain ; le type d'humus, qui dépend étroitement du couvert végétal.

Quatre grandes familles de sols sont associées aux quatre grands domaines géologiques que l'on rencontre dans notre région.

#### **Les sols sur granites et roches volcaniques du Morvan**

Les sols qui se développent sur ces roches acides ont tendance à s'acidifier. Ce phénomène s'accroît avec les conditions climatiques liées à l'altitude ; mais la qualité de l'humus qui dépend du couvert végétal influence aussi ce phénomène. Les activités agricoles contribuent par ailleurs à diminuer l'acidité des sols, notamment les apports de chaux.

#### **Les sols sur schistes, argiles et limons des bas plateaux, plaines et dépressions**

Ces roches sont des formations meubles. Les sols y sont généralement profonds, humides et peu perméables : l'argile et les éléments minéraux ont été entraînés vers les horizons profonds. Sous le couvert forestier de feuillus se développe un humus très actif. Dans les sols cultivés, l'eau stagne dans les horizons superficiels, qui restent engorgés lors des épisodes pluvieux ; c'est la raison pour laquelle ces sols sont fréquemment drainés.

#### **Les sols sur roches calcaires**

Sur les plateaux, le calcaire est dissous et les carbonates (le carbonate et notamment le carbonate de calcium sont les principaux éléments minéraux qui constituent les calcaires) entraînés dans les fissures de la roche, laissant un sol neutre se développer sur la mince couche d'argile qui reste en surface. La mise en culture a conduit à des sols peu épais, calcaires et caillouteux : les petites terres. Sur les terrains en pente, les carbonates s'accumulent. Sous les forêts, des sols calcaires plus épais se constituent avec un humus très actif et développé.

#### **Les sols sur alluvions<sup>8</sup> récentes, dans les fonds de vallée**

Ce sont des sols jeunes et liés au fonctionnement hydrologique de la vallée : ils sont soumis aux inondations et aux fluctuations du niveau des nappes phréatiques.

---

<sup>8</sup> **Les alluvions** correspondent aux dépôts (cailloux, graviers, sables, boues,...) déposés par les cours d'eau.

## Deuxième partie - Les grandes fonctions du sol

Les sols font partie de notre environnement quotidien. Nous utilisons pourtant leurs différentes fonctions sans bien les identifier ni les comprendre. Celles-ci peuvent être classées en trois grandes catégories :

### **Fonction support :**

Le sol est le support de toute la vie terrestre, végétale et animale. Cette fonction support concerne aussi les activités humaines, à travers l'implantation de nos bâtiments et de nos infrastructures. On associe parfois une fonction culturelle des sols à cette fonction support, car ils conservent les traces du passé de la terre et des Hommes.

### **Fonction de production :**

Cette fonction consiste en la production de ressources alimentaires à travers l'agriculture, de biomasse pour produire de l'énergie (à travers les cultures énergétiques et la forêt) et de matériaux destinés à la construction (bois, terres, granulats, roches).

### **Fonction environnementale :**

Les sols sont intimement liés aux autres compartiments de l'environnement que sont l'eau, l'air et la biosphère.

Ils jouent un rôle important dans le cycle de l'eau, à travers leur capacité de stockage, de régulation et d'épuration de l'eau. Compartiment clé du cycle du carbone, les sols peuvent stocker ou émettre des gaz à effet de serre et donc influencer sur le changement climatique. Dans les sols, la matière organique se dégrade sous l'action de nombreux micro-organismes pour donner des éléments minéraux assimilables par les plantes puis par les autres êtres vivants. À ce titre, les sols sont à la croisée des cycles biogéochimiques qui régissent la vie sur Terre. Enfin, les sols sont un formidable réservoir de biodiversité. Ils abritent en effet près d'un quart des espèces vivant sur Terre, qui sont toutes indispensables aux fonctionnalités des sols.

## La fonction support des sols

- **Le sol, support des végétaux et des animaux :**

Les relations entre le sol et le végétal sont complexes. Tout d'abord, les plantes s'ancrent dans les sols, même dans les sols très pauvres, grâce à leurs racines. Au-delà de l'ancrage, les végétaux puisent dans le sol les nutriments<sup>9</sup> et l'eau nécessaires à leur croissance.

Les sols peuvent se montrer contraignants pour les végétaux : ils sont asphyxiants en cas d'excès d'eau, certains composants chimiques (aluminium, calcaires...) peuvent se révéler toxiques, la disponibilité en éléments nutritifs peut ne pas être suffisante.

Certaines plantes ont développé des adaptations particulières aux différents types de sols. Ainsi à la diversité des sols répond une diversité végétale qui façonne les écosystèmes naturels et les paysages.

---

<sup>9</sup> **Les nutriments** désignent des substances chimiques pouvant être assimilées par un organisme sans nécessiter de transformation digestive.

- **Le sol, support des activités humaines :**

Si les sols sont le support de la vie végétale et animale, ils sont aussi le support des activités humaines. Ils portent nos villes, nos villages et toutes nos infrastructures. Les sols urbains ou anthropisés sont fortement remaniés et recomposés, notamment du fait de l'importation et l'exportation de terres et de matériaux.

Une partie de ces sols urbains est dite « scellée ». Ils ne sont plus assimilables à un milieu vivant, leurs propriétés étant alors réduites à des propriétés mécaniques.

En ville, il existe aussi des sols relativement proches des sols naturels, par exemple au sein des espaces verts et des jardins.

- **Le sol, archive du passé plus ou moins lointain :**

Le modelé des paysages et des sols révèle l'histoire de la Terre sur plusieurs échelles de temps, de la centaine de millions d'années à quelques millénaires. Certains sols gardent la mémoire des événements naturels qui se retrouvent ainsi inscrits dans le temps et dans l'espace.

Le passé des sociétés humaines est visible dans et sur nos sols : anciennes voiries ou anciennes constructions, implantation d'usines et pollutions anciennes. Toutes les activités humaines marquent les sols : déforestation, feux (par exemple, présence encore perceptibles des « charbonnières » dans les forêts bourguignonnes), surpâturage, et anciennes cultures peuvent ainsi être décelées dans la Terre. Par exemple, les changements de couleur dans des sols argileux révèlent la trace des anciens labours qui se pratiquaient 30 cm en dessous de la surface actuelle.

## **La fonction de production des sols**

- **Productions agricole et forestière :**

Sur les sols poussent les arbres et les plantes à l'origine d'importantes filières économiques. Si l'indispensable rôle des sols dans notre alimentation est bien connu, ils sont aussi à la base d'une importante production non alimentaire comme les fibres, des médicaments, des solvants organiques...

En France, l'agriculture occupe près de la moitié du territoire et la forêt en occupe environ un tiers.

En fonction des types et des contraintes qu'ils représentent pour la végétation, les sols donnent aux régions leur vocation agricole ou forestière. Les grandes cultures intensives dominent largement sur les sols limoneux profonds des bassins sédimentaires (bassin aquitain, bassin parisien, Limagne...). Les élevages à base de prairie se rencontrent principalement dans les milieux modérément acides des massifs anciens (Bretagne, Massif central, Manche...) et dans les régions où les contraintes climatiques sont fortes (Jura, Causses...). Les sols les plus pauvres et les plus acides (Landes de Gascogne, Sologne, Vosges...) sont en règle générale exploités par la production forestière.

Les caractères particuliers de certains sols génèrent des occupations spécifiques : prairies humides ou peupleraies des bas fonds de vallées, vignes sur les sols graveleux des terrasses anciennes du bordelais ou des sols caillouteux de la vallée du Rhône, riziculture sur les sols inondés de Camargue.

Les forêts sont aussi une source de production très diversifiée. Le bois est en effet utilisé comme matériau (bois de construction, bois d'œuvre...) ou comme combustible. Les plantes de sous-bois peuvent donner lieu à une économie de cueillette alimentaire (baies, champignons...), médicinale ou cosmétique.

- **Productions énergétiques :**

Avec la récente hausse du prix du pétrole et l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre, on redécouvre l'intérêt de la biomasse végétale pour produire des énergies renouvelables, du combustible ou du carburant.

La plupart des cultures alimentaires peuvent avoir un usage énergétique pour produire du carburant qui permet le fonctionnement des moteurs. Les récoltes de blé, de maïs ou de racines de betteraves fournissent de l'éthanol, les récoltes de colza ou de tournesol servent à faire du diester pour le gasoil.

La biomasse est également source d'énergie, soit par combustion directe, soit indirectement par la production de méthane via la méthanisation de cultures telles que le miscanthus, la paille, le robinier à rotation courte, le bois.

Le sol est aussi une source d'énergie thermique par le biais de la géothermie. En dessous de 4 à 5 mètres, le sol est à une température constante de 12 °C environ. Plus profondément, la température augmente en fonction de l'activité de la croûte terrestre. L'installation de réseaux contenant de l'eau ou autres fluides permet de récupérer et de véhiculer cette énergie thermique aux bâtiments, et ainsi de réaliser des économies de chauffage.

- **Production de matériaux de construction :**

La terre est probablement le matériau de construction le plus ancien de l'histoire de l'humanité. Elle a longtemps été utilisée crue, mélangée à la paille, puis cuite sous la forme de briques de terre. À l'heure actuelle, 40 % de l'humanité habite encore dans les constructions en terre crue, ce matériau restant prépondérant en Afrique, au Moyen-Orient et en Amérique Latine.

En Europe, l'utilisation de la terre crue est moins manifeste. Certaines régions conservent malgré tout quelques constructions qui participent à l'identité du paysage, comme les constructions en pisé du Dauphiné (Isère) ou dans le Lyonnais.

D'autres types de matériaux sont prélevés dans le sol : c'est le cas de certains granulats destinés à la fabrication d'ouvrages de travaux publics ou de génie civil, qui sont des roches meubles extraites de dépôts alluvionnaires. Les graviers, quant à eux, sont prélevés dans la couche altérée de la roche mère.

Les sols fournissent aussi des matériaux tels qu'ocres et pigments utilisés pour la peinture. Ils peuvent aussi contenir des ressources minérales comme l'or, l'aluminium ou le fer. Enfin, on doit aussi au sol la production de bois pour la construction, l'ameublement.

## **Les fonctions environnementales des sols**

- **Sol et cycle de l'eau :**

Le sol intervient dans le cycle de l'eau, à la fois comme un régulateur et comme un épurateur.

Il agit comme une grosse éponge : l'eau de pluie s'y infiltre et est stockée dans les vides du sol (qui constituent la réserve utile des sols). L'eau est utilisée par les plantes ou va alimenter les nappes souterraines. À l'échelle mondiale, on estime que les sols renferment environ 60 % de l'eau douce.

En stockant l'eau de pluie et en la restituant lentement, le sol joue un rôle de tampon qui contribue à réguler les cours d'eau, les fleuves. Cette capacité dépend de la taille du réservoir sol, de sa structure



et du type de couvert végétal. La présence de nombreuses racines facilite en effet l'infiltration de l'eau et la retient davantage.

Si le sol est tassé ou imperméabilisé, l'eau ne peut plus pénétrer et ruisselle en surface, ce qui participe à l'érosion<sup>10</sup> des sols. Cette eau rejoint aussi plus rapidement les cours d'eau, dont elle augmente le débit, avec parfois des inondations pour conséquence.

Grâce à ses propriétés physico-chimiques et biologiques, le sol joue un rôle de filtre et d'épurateur. Il retient une partie des substances contenues dans l'eau, tandis que les micro-organismes du sol et la végétation dégradent et absorbent certains polluants. D'autres substances, telles que le plomb, sont fixées par certains constituants du sol, ce qui les rendent moins absorbables par les autres êtres vivants.

Cependant, ces mécanismes ne sont pas systématiques. Au-delà d'un certain seuil critique, les polluants accumulés contaminent et altèrent les propriétés du sol, qui ne joue plus son rôle de filtre. Au contraire, les polluants peuvent être stockés puis relâchés dans le milieu, selon des mécanismes encore peu connus.

- **Sol, cycle du carbone et climat :**

### **Sol, cycle de la matière et cycle du carbone**

Le sol est un compartiment majeur du cycle de la matière et donc du cycle du carbone, qui compose près de 60% de la matière organique.

Les sols renferment 1 500 milliards de tonnes de carbone soit deux fois plus que l'atmosphère (760 milliards de tonnes) et trois fois plus que la végétation (560 milliards de tonnes), ce qui en fait le deuxième plus grand réservoir de carbone après les océans (40 000 milliards de tonnes).

Des transferts constants de carbone s'opèrent entre le sol, la végétation et l'atmosphère. Les plantes absorbent le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) présent dans l'atmosphère grâce à la photosynthèse<sup>11</sup> et le combine grâce à l'énergie du soleil pour développer leurs racines, leurs tiges et leurs feuilles. Le carbone est rejeté dans les sols sous la forme de composés organiques, par les racines des plantes ou par la décomposition de matières végétales ou animales.

Dans le sol, les micro-organismes décomposent la matière organique, ce qui libère les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes. Au cours de cette décomposition, une partie du carbone est rejetée sous forme de CO<sub>2</sub>, tandis qu'une autre partie se transforme en composés organiques stables qui sont piégés dans le sol. La rapidité de ce processus dépend de facteurs comme la température et les précipitations, l'équilibre hydrographique du sol et la composition de la matière organique.

Si l'apport en matière organique est inférieur à la vitesse à laquelle elle se décompose, la matière organique du sol va décroître. Inversement, si les apports de matière organique sont supérieurs à la vitesse de décomposition, la matière organique s'accumule et augmente dans le sol. Le processus conduisant à des pertes de carbone se produit plus rapidement et plus facilement que le processus de reconstitution des stocks de carbone.

---

<sup>10</sup> **L'érosion** correspond à l'enlèvement des particules du sol par l'eau et par le vent. Ce phénomène naturel peut être aggravé par les activités humaines.

<sup>11</sup> **La photosynthèse** correspond à l'élaboration de matières organiques par les végétaux verts grâce à l'absorption d'eau, de CO<sub>2</sub> et à l'utilisation de l'énergie solaire par la chlorophylle. Elle est à l'origine de l'oxygène dans l'atmosphère terrestre et de la fabrication de toute la matière organique végétale.

Le sol est aussi à la charnière du cycle de l'azote : Le cycle de l'azote passe par la dégradation des substances azotées complexes, comme les protéines et structures protéiques en provenance des êtres vivants. Cette dégradation aboutit à l'azote gazeux réémis dans l'atmosphère et à l'azote minéral qui constitue, pour la plupart des végétaux, la seule source d'azote assimilable.

Les conditions dans le sol conditionnent les processus de dégradation des substances carbonées et azotées qu'il contient. Ainsi, en condition anaérobie, notamment dans les sols gorgés d'eau, la dégradation de la matière organique peut libérer du méthane (CH<sub>4</sub>), un gaz à effet de serre 20 fois plus puissant que le CO<sub>2</sub>, tandis que la dégradation des substances azotées peut conduire à la production de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), dont la contribution à l'effet de serre est 300 fois plus élevée que le CO<sub>2</sub>.

### **Sol et changement climatique : des liens complexes**

Selon divers facteurs (diversité géologique, climat, topographie), les sols accumulent ou perdent de la matière organique et se comportent donc comme des puits ou comme des sources de carbone.

À l'échelle européenne, on estime la quantité de carbone contenue dans la couche de terre arable des sols à 75 milliards de tonnes. En Bourgogne, ce sont 73 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> qui seraient stockées dans les 30 premiers centimètres du sol.

On comprend bien que la libération d'une infime partie de ce carbone dans l'atmosphère pourrait faire du sol un puissant émetteur de gaz à effet de serre et un acteur clé du changement climatique. Par exemple, la libération de seulement 0,1 % du carbone des sols européens correspondrait aux émissions de 100 millions de véhicules par an.

La façon dont sont utilisés les sols conditionne directement leur capacité à stocker ou à libérer le carbone. On estime que les sols de grandes cultures stockent 110 tonnes par hectare de carbone, contre 160 tonnes par hectare pour les pâturages. En convertissant des pâturages en terres arables<sup>12</sup>, on transforme le sol en source émettrice de carbone, tandis que lors de la transformation de terres cultivées en prairies ou en forêt, le sol se comporte en puits de carbone.

Les prairies stockent plus efficacement le carbone que les forêts, si bien que le boisement des prairies entraîne une perte de carbone, même si l'accumulation de carbone dans la biomasse forestière contrebalance le phénomène.

En règle générale, les pratiques intensives comme le labour, l'utilisation des engrais minéraux et la succession des cultures impliquant la récolte de la matière organique transforment les sols en source de carbone en diminuant l'activité naturelle du sol, donc sa capacité à stocker le carbone.

Les sols des tourbières sont très riches en matières organiques. Là encore, le drainage, la conversion en prairies, en terres cultivées, en zones forestières et, dans une moindre mesure, l'extraction directe de la tourbe libèrent du CO<sub>2</sub>, sans compter les effets sur le cycle de l'eau ou sur la biodiversité.

Les pergélisols sont des sols gelés en permanence au moins deux ans durant, qui occupent la région polaire septentrionale. Ils renferment actuellement 500 milliards de tonnes de carbone. Le dégel de ces sols libérerait d'énormes quantités de gaz à effet de serre et conduirait à une intensification des effets du changement climatique.

Les conditions climatiques influent sur la capacité des sols à stocker ou non le carbone. Le changement climatique aura donc des effets sur les sols, dont l'ampleur reste encore inconnue. De façon générale, pour l'Europe, les derniers scénarios élaborés par les climatologues prévoient une augmentation générale de températures avec des étés secs et des hivers humides. La hausse des

---

<sup>12</sup> Les terres arables désignent les terres qui peuvent être cultivées ou labourées.

températures intensifiera l'activité des micro-organismes du sol et accélérera la décomposition de la matière organique et donc la libération de carbone sous forme de CO<sub>2</sub>.

Par contre, pour le nord de l'Europe, la hausse des températures pourrait accroître la productivité des végétaux, ce qui aura pour effet d'augmenter le stockage de la matière organique dans les sols, mais ce phénomène sera néanmoins contrebalancé par une dégradation plus rapide de la matière organique.

Le changement climatique conduira aussi à davantage de pressions sur les sols. Les pays du Sud sont susceptibles de souffrir de plus en plus de la hausse des températures ainsi que de l'évolution des précipitations et sont menacés de désertification. Dans les pays du Nord, la hausse des précipitations pourrait avoir un effet inverse : les pluies torrentielles plus intenses peuvent réduire la capacité d'absorption et d'infiltration d'eau.

Si les phénomènes climatiques intenses augmentent, le risque d'érosion des sols par l'eau et le vent augmentera également. On estime qu'en Europe, 16 % de la superficie est déjà exposée au risque d'érosion par l'eau.

- **Le sol, réservoir de biodiversité :**

Le sol est un milieu vivant dont la richesse est bien plus importante qu'il n'y paraît. Il abrite en effet le quart des espèces vivant sur Terre, parmi lesquelles de nombreuses restent encore méconnues, notamment chez les micro-organismes.

Tous les organismes vivants jouent un rôle spécifique dans les fonctions et les propriétés du sol, mais c'est à leur grande diversité et aux relations qu'ils établissent entre eux que l'on doit les processus biologiques à l'origine du bon fonctionnement des milieux terrestres.

Les organismes du sol supportent indirectement la qualité et l'abondance de la production végétale en permettant la décomposition des matières organiques et en facilitant l'assimilation des nutriments minéraux pour les plantes. Ils sont aussi un facteur de protection des cultures. En effet, plus la biodiversité est abondante, plus il est possible d'y trouver un ennemi naturel des maladies des cultures.

La biodiversité du sol est également indispensable pour la capacité d'épuration et de stockage de l'eau des sols. La présence d'une diversité d'organismes dans le sol assure sa composition et sa structure, et facilite les phénomènes d'infiltration. C'est aussi à la présence des micro-organismes que le sol doit sa capacité à décontaminer certains polluants contenus dans l'eau.

La biodiversité du sol, c'est aussi un énorme réservoir génétique et chimique pour le développement de nouveaux produits pharmaceutiques. Par exemple, l'actinomycine et la streptomycine sont des antibiotiques communs dérivés de champignons du sol.

Cependant, cette biodiversité est menacée directement par les nombreuses dégradations que subit le sol : érosion, diminution des matières organiques, pollutions locales, tassement, acidification, imperméabilisation, salinisation des sols. Si elle disparaît, de nombreuses fonctionnalités des sols, indispensables à l'Homme, ne pourront plus être remplies.

## Troisième partie – Dégradation des sols

Le sol est une ressource limitée et non renouvelable à l'échelle humaine, qui se constitue lentement, (il faut en effet entre 100 et 400 ans pour constituer 1 cm de terre végétale) et se renouvelle tout aussi lentement. Du fait des multiples fonctions que le sol remplit (économiques, environnementales, sociales...), il est aussi une ressource indispensable à la grande majorité des activités humaines.

Si les Hommes ont parfois su gérer les sols dont ils avaient besoin pour vivre (versants transformés en terrasses pour limiter l'érosion, aménagements des polders<sup>13</sup> et des bocages<sup>14</sup>, apports d'amendements organiques...), les sociétés humaines ont aussi contribué à leur dégradation et à de leur destruction.

Parce que le sol doit nourrir les populations, produire des sources d'énergie, supporter toujours plus d'espaces destinés à l'habitat et à la production industrielle, la concurrence pour les différents usages du sol s'accroît et s'exacerbe chaque jour davantage. On estime qu'actuellement, à l'échelle mondiale, la moitié des sols est déjà dégradée du fait des activités humaines et, chaque année, ce sont 12 à 16 millions d'hectares supplémentaires de sol qui sont perdus.

### Les différentes formes de dégradation naturelle des sols

Les formes naturelles de dégradation des sols sont diverses et peuvent être liées au climat, à la circulation de l'eau ou aux phénomènes éruptifs dans certaines parties du globe.

La **dégradation physique** du sol est le résultat de l'érosion éolienne ou hydrique, et de la compaction des sols. L'érosion correspond à l'enlèvement et au déplacement d'une couche de sol (enlèvement des éléments fins et déplacement des sédiments de l'amont vers l'aval en général). Le résultat est une perte de sol, plus ou moins importante selon les cas.

La compaction découle d'un phénomène de tassement, qui provoque la disparition des vides du sol, faisant ressortir l'air et empêchant l'eau de s'infiltrer normalement. La compaction entraîne aussi la destruction des tunnels et interstices nécessaires à la faune du sol.

On parle de **dégradation chimique** des sols lorsqu'il y a modification de leur composition chimique. Elle peut être due à des éléments polluants apportés aux sols de façon diffuse ou localisée, elle est aussi liée à un phénomène de concentration en certains éléments dans le sol, quand le phénomène d'évaporation est important.

La **dégradation biologique** correspond à des atteintes à la diversité biologique des sols. Elle est souvent liée à une perte de matière organique, qui, si elle est absente, limite les possibilités de vie des organismes vivants qui s'en nourrissent.

Le sol étant un écosystème à part entière, ces formes de dégradations sont souvent liées. Une dégradation biologique a des conséquences sur la structure physique des sols, les organismes vivants du sol ayant un rôle dans la structuration et l'aération, mais aussi sur la composition chimique, puisque l'activité des organismes vivants permet la minéralisation de la matière organique.

---

<sup>13</sup> Les **polders** sont des étendues de terres créées par l'Homme, souvent gagnées sur la mer et dont le niveau est inférieur à celui de la mer.

<sup>14</sup> Le **bocage** est un paysage caractérisé par des haies et des arbres champêtres entourant les champs et les prés.

Inversement, une altération physique, comme la compaction, modifie la circulation d'air et d'eau dans le sol, avec des conséquences sur la vie du sol et sur sa composition chimique.

## Dégradation des sols et activités humaines

La plupart de ses activités humaines accentuent et amplifient les différentes formes de dégradation des sols.

- **Artificialisation des sols et urbanisation**

Dans le Monde, la moitié de la population habite en ville, et en France, ce chiffre atteint 70 %. Pour accueillir ces habitants, les villes et les infrastructures (routes, aéroports, voies ferrées, parkings) ne cessent de se développer, entraînant d'importantes pertes de surfaces de sol.

L'expansion urbaine se fait souvent au détriment de terres agricoles de bonne qualité car historiquement, la richesse des villes s'est fondée sur la richesse des régions agricoles qui les entourent. En France, au moins 60 000 ha de terres agricoles disparaissent sous les revêtements urbains chaque année, soit un département tous les 10 ans. Ce phénomène pose de sérieux problèmes quant au devenir de la production agricole en zone périurbaine.

En ville, les sols sont affectés à différents usages : constructions, implantations industrielles, espaces verts, jardins, maraîchage... Les constructions et les voiries nécessitent des revêtements permettant de réaliser des constructions pérennes et facilitant la mobilité. Les sols recouverts sont irréversiblement transformés : ils sont compactés, imperméabilisés, n'ont plus d'activité biologique, et ne peuvent plus remplir leurs fonctions écologiques initiales.

Seuls les sols dédiés aux espaces d'agrément (espaces verts, espaces de loisirs, jardins...) ont des fonctionnements plus naturels et peuvent continuer à assumer certaines fonctions environnementales comme l'absorption et la filtration de l'eau, même s'ils ont aussi subi des modifications et des bouleversements importants.

- **Érosion des sols**

Ce phénomène naturel est fortement accentué par la modification du couvert végétal, des pratiques agricoles non adaptées, ou encore le changement climatique.

L'érosion liée à l'eau peut prendre des formes catastrophiques, notamment dans les zones où le relief est important. Les produits érodés vont aller sédimenter dans les fleuves, les lacs de barrages, les ports, les estuaires et entraîner des modifications des milieux non souhaitables.

Il existe une forme plus diffuse d'érosion hydrique, qui consiste en la formation d'une croûte de battance, sous l'effet de fortes pluies qui détruisent la texture du sol en surface. Cette croûte compacte et dure en surface peut empêcher l'eau de s'infiltrer normalement dans le sol. Ce phénomène est aussi favorisé par certaines pratiques agricoles, comme le fait de laisser les sols nus pendant la période hivernale.

Au-delà de la perte directe de sol, l'érosion a d'autres conséquences : elle provoque la formation de rigoles et de ravines qui peuvent gêner le travail agricole et forestier, tandis que les coulées de boues

constituent un risque pour les infrastructures et les habitations. L'érosion éolienne, quant à elle, dépend des zones climatiques : elle touche de façon inquiétante les zones arides et semi-arides où elle conduit au phénomène de désertification.

En Europe, l'érosion est la principale menace qui pèse sur les sols, avec 17 % de la surface européenne touchés à des degrés divers. La France est principalement soumise à une érosion liée à la pluie et le ruissellement : 1/5<sup>e</sup> du territoire est concerné par un risque moyen à fort. Dans certains secteurs, le taux d'érosion peut atteindre plusieurs dizaines de tonnes par hectare et par an.

Du fait du changement climatique, l'érosion (notamment liée à l'eau) devrait augmenter dans les prochaines décennies et pourrait toucher 80 % des régions agricoles d'Europe.

- **Compaction des sols :**

La compaction des sols est liée à plusieurs activités humaines comme par exemple l'utilisation d'engins lourds de façon répétée, lors de travaux forestiers et agricoles, ou encore pour des travaux d'urbanisme. Elle est aussi amplifiée par le changement climatique. En Europe, on considère que 4 % de la surface est concernée.

- **Pollutions des sols :**

Les sources de pollution des sols liées aux activités humaines sont nombreuses. On distingue des pollutions diffuses, comme celles liées aux rejets atmosphériques ou à des pratiques agricoles inadaptées ; et des pollutions localisées, comme celles qui sont liées aux activités industrielles, aux exploitations minières, ou encore à une mauvaise gestion des déchets.

### **Pollutions diffuses**

Du fait du lien étroit qui unit le sol et l'atmosphère, la pollution de l'air est à l'origine d'une pollution diffuse des sols. La grande majorité des rejets gazeux liés aux activités humaines (transports, industrie, chauffage et climatisation, etc.) contient des polluants tels que des métaux lourds, des composés organiques ou des acides, qui, une fois émis dans l'air, peuvent être transportés sur de grandes distances avant d'être entraînés au sol lors des précipitations.

Pendant leur voyage dans l'atmosphère, certains polluants se transforment en produits qui peuvent être encore plus nocifs que les produits initiaux. C'est par exemple le cas des oxydes de soufre et d'azote libérés par les gaz d'échappement, qui peuvent se transformer en acides sulfurique et nitrique. Ces acides ont provoqué les pluies acides qui ont décimé des forêts entières dans l'est de l'Europe ou le Nord américain. Elles affectent durablement les arbres, mais aussi la vie du sol.

Les pesticides utilisés en agriculture sont aussi une source de pollution diffuse des sols. Les pesticides, les insecticides, les herbicides et fongicides sont apportés au sol au moment des traitements des cultures. On estime que lors de la pulvérisation sur les feuillages, 10 à 70 % du produit appliqué reste au sol.

La contamination qui en résulte dépend du type de produit utilisé, du moment de l'application et du couvert végétal au sol. Le devenir de ces polluants est complexe et encore imparfaitement cerné. Certains pesticides peuvent être dégradés par les micro-organismes du sol, mais il arrive que les formes finales de dégradation restent dans le sol et se lient aux agrégats de façon irréversible. Les pesticides peuvent aussi être entraînés dans les eaux souterraines et les cours d'eau, plus ou moins

rapidement et plus ou moins en totalité. Des mesures effectuées dans les eaux souterraines révèlent une présence non négligeable de molécules, tant en diversité qu'en quantité.

### **Pollutions localisées**

Les sources de pollutions localisées sont nombreuses et peuvent concerner aussi bien l'activité industrielle que celles des particuliers. Elles sont liées à de rejets directs (qu'ils soient accidentels ou non) ou surviennent en cas de problème lors de la manipulation ou du stockage de produits dangereux. Par exemple, se débarrasser de certains déchets par des voies non adaptées peut engendrer le rejet de produits nocifs (comme les métaux lourds dans le cas des déchets électroniques...), tandis que cuves à fioul ou bacs de rétention trop anciens ou mal conçus peuvent laisser fuir leurs contenants directement dans le sol.

Les pollutions localisées sont concentrées sur des surfaces réduites. Elles affectent directement la vie du sol et sa composition chimique, mais elles ont aussi des conséquences sur l'eau qui le traverse, puis sur les nappes phréatiques et les cours d'eau. Ces polluants circulent aussi dans la chaîne alimentaire et peuvent se retrouver dans notre alimentation et impacter la santé humaine.

La remise en état des sols contaminés nécessite toujours des processus de dépollution très complexes et coûteux.

- **Perte de diversité biologique des sols**

L'appauvrissement de la matière organique contenue dans le sol est sans doute le facteur le plus important de perte de diversité des sols. La matière organique est en effet la nourriture indispensable à toute la faune du sol, des vers de terre aux micro-organismes. Quand elle vient à manquer, c'est la famine. Certaines pratiques agricoles conduisent à l'épuisement de la matière organique : l'exportation des récoltes et la suppression des résidus de récoltes, ou encore le fait de ne pas amender<sup>15</sup> son sol en éléments organiques (avec des fumiers ou du compost par exemple) empêchent le recyclage et la reconstitution de la matière organique du sol et éliminent petit à petit les éléments nutritifs essentiels au fonctionnement des organismes de la terre. Le sol perd ainsi les matériaux qui le stabilisent et le fertilisent.

Les labours profonds et réguliers des sols et l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides sont également directement défavorables à la vie des sols.

Chaque changement d'utilisation d'un sol a une conséquence sur sa diversité biologique, car celle-ci dépend étroitement du type de sol et l'usage qui en est fait. Les sols des prairies présentent une importante diversité, ensuite viennent les sols forestiers, puis les terres cultivées et en dernier lieu, les terrains urbains. La conversion d'une prairie en terre cultivée entraîne toujours une perte de biodiversité du sol.

Le recouvrement des sols par des revêtements imperméables, le tassement découlant de passages répétés d'engins lourds provoquent l'étouffement des sols en empêchant l'infiltration d'eau et d'air nécessaire à la vie des organismes du sol, détruisent les réseaux de tunnels et de galerie qui sont les habitats nécessaires à la faune du sol.

---

<sup>15</sup> **L'amendement** des sols consiste à apporter des matières fertilisantes (comme la chaux, de l'argile, du fumier ou du compost...) aux sols pour améliorer leurs propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques.

## Quatrième partie - Sol, alimentation et changement climatique, des enjeux complexes

Le sol est une ressource non renouvelable à l'échelle humaine, tant il résulte d'une longue élaboration.

Le sol remplit de nombreuses fonctions et rend de nombreux services. Ces multiples fonctions sont utilisées pour la plupart pour des activités humaines, avec au premier rang, l'agriculture. Il est également le support de constructions et des infrastructures de transports et depuis une vingtaine d'années, il est mis à contribution pour la production d'énergies renouvelables (biomasse, d'agrocarburants ou maintenant de biocarburants) en substitution des énergies fossiles.

Les demandes en sol émanent désormais de la quasi-totalité des secteurs de l'économie et sont en croissance constante. Souvent contradictoires, voire antagonistes, elles soumettent les sols à une pression sans précédent, encore amplifiée par la concentration des populations et des activités sur les mêmes espaces, ainsi que par les effets du changement climatique.

### Sol et alimentation

- **Les sols cultivables, une ressource limitée**

La planète compte 13 milliards de km<sup>2</sup> de terres émergées, mais elles sont loin d'être toutes cultivables : 22 % seulement disposent des caractéristiques bioclimatiques et physiques favorables à leur mise en culture. Sur ces 22 %, moins de la moitié (soit 11 % des terres émergées) est actuellement cultivée. Les sols qui ne sont pas cultivables sont ceux qui sont trop pauvres, trop minces, trop humides, localisés sur des pentes trop fortes, sous un climat trop sec et trop froid ou couverts de glace.

Dans la plupart des régions du Monde, notamment dans les pays du Sud, une partie des sols cultivables n'est pas mise en culture pour diverses raisons : ils présentent en général des contraintes trop fortes pour leur exploitation actuelle, notamment en termes d'accessibilité, rendant les coûts pour leur mise en culture trop élevés (investissements en travail humain et en techniques). Une part des sols cultivables est également utilisée à d'autres fins que la culture (urbanisation, industrialisation...) ou abritent des milieux naturels à sauvegarder, comme par exemple les milieux forestiers.

Ces situations peuvent cependant évoluer, par le développement de l'irrigation des sols trop secs, du drainage des sols trop humides, du fait du réchauffement climatique qui libère des sols aujourd'hui trop froids, ou recouverts par la glace.

Même s'il existe un potentiel de réserves de sol, notamment dans les régions du sud du globe, la ressource est limitée.

- **Nourrir 9 milliards d'êtres humains à l'horizon 2050**

Depuis 10 000 ans, l'agriculture est progressivement devenue la principale source de notre alimentation. 80 à 90 % des produits que nous consommons proviennent de la mise en culture des sols, les 10 à 20 % restants sont produits par les océans, les lacs et les rivières.



Dans le même temps, la population mondiale ne cesse d'augmenter : elle est passée, au cours du XX<sup>e</sup> siècle, de 2 à 6,5 milliards d'individus, qui sont loin de manger tous à leur faim : près de la moitié souffre de sous-nutrition ou de malnutrition, et ce, dans les zones rurales comme dans les villes. D'après les projections des démographes, la Terre comptera près de 9 milliards d'individus en 2050. L'augmentation de la population s'accompagne d'une progression constante des ressources consommées par habitant (énergie, eau et terres agricoles), mais aussi des émissions de gaz à effet de serre.

La question se pose de savoir si, à l'avenir, l'humanité disposera des surfaces de sol et des techniques de production suffisantes pour permettre à 9 milliards d'êtres humains de vivre avec un minimum acceptable. Assurer la sécurité alimentaire mondiale à cet horizon nécessiterait en effet de tripler la capacité de production alimentaire. Or les ressources en sols fertiles sont limitées, inégalement réparties, sans compter que sous l'effet de la dégradation des sols, la disponibilité en terres arables diminue : on estime qu'elle est passée de 0,65 à 0,40 hectares par personne entre 1990 et 2010.

Pour répondre à la demande alimentaire mondiale, il faudra donc soit défricher et exploiter des terres qui ne sont pas encore cultivées, soit intensifier les pratiques agricoles sur les terres déjà mises en culture :

- Dans les pays industrialisés, la superficie de sols consacrée à l'agriculture est déjà relativement stable. En Europe par exemple, au cours des 20 dernières années, la progression des sols mis en culture s'est ralentie, mais par contre leur utilisation s'est nettement intensifiée : dans les années 1980, 1 hectare de sol produisait 1,8 tonne, alors qu'il en produit aujourd'hui 2,5. Cette intensification, qui s'appuie sur la chimie, a des conséquences comme la pollution de l'eau et des sols eux-mêmes. Elle implique également une irrigation importante qui impacte la ressource en eau potable en termes de quantité. Quant à la mécanisation de l'agriculture, elle provoque la détérioration des sols sur les plans biologique et physico-chimique, parfois de façon irréversible, les rendant inutilisables pour un usage agricole.

- Dans les pays du Sud, et notamment dans les pays tropicaux, la croissance des besoins alimentaires mondiaux passe davantage par l'extension des surfaces agricoles. Elles sont majoritairement gagnées sur les écosystèmes forestiers, qui sont pourtant d'indispensables réservoirs de biodiversité et des stocks de carbone importants.

## Sol et changement climatique

L'offre et la demande mondiale de denrées alimentaires sont influencées par différents facteurs, comme la démographie et la consommation croissante de viande dans les pays en développement. Elles sont aussi de plus en plus conditionnées par la demande croissante en énergie combinée au déclin des combustibles fossiles et donc par les différentes politiques internationales qui fixent des objectifs de réduction d'émissions de gaz à effet de serre.

En effet, l'intégration d'agrocarburants<sup>16</sup> issus de la production agricole est une des solutions souvent avancée pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, et dans le cas de l'Europe, pour s'affranchir de sa dépendance au pétrole.

- **Les agrocarburants pour lutter contre l'effet de serre ?**

---

<sup>16</sup> Les agrocarburants désignent les carburants d'origine agricole.

En 2007, l'Union européenne s'est fixée l'objectif que, à l'horizon 2020, 10 % de l'énergie consommée dans les transports provienne de sources renouvelables. La France prévoit quant à elle que les carburants fossiles incorporent 10 % d'agrocarburants d'ici 2015. Depuis quelques décennies, ces derniers connaissent donc un intérêt grandissant.

Il existe deux types d'agrocarburants :

- Ceux à base d'alcool (l'éthanol), qui proviennent de l'amidon ou d'autres formes de sucres qui sont produits à partir du maïs, de la canne à sucre, de la patate, de la patate douce, du sorgho et plus récemment, du manioc. Les Etats-Unis et le Brésil sont les principaux fournisseurs d'éthanol.

- Ceux à base d'huiles extraites du colza, du tournesol, du soja ou de l'huile de palme. Il peut s'agir d'huiles végétales brutes ou de produits transformés, comme le biodiesel, fabriqué avec 90 % d'huile et 10 % de méthanol dérivé du pétrole. Le biodiesel est produit principalement en Allemagne et en France.

Substituer une part du pétrole par les agrocarburants nécessiterait de les cultiver sur des surfaces importantes : selon les estimations de l'OCDE, pour l'Union européenne des 15, sans avoir recours aux importations, atteindre 10 % d'agrocarburants dans les transports consisterait à consacrer 72 % des terres agricoles à des cultures énergétiques.

- **Des répercussions à prendre en compte**

### **Répercussions alimentaires**

Les agrocarburants utilisent des produits comestibles pour la production d'énergie. Ils entrent donc directement en concurrence avec les denrées alimentaires, d'autant plus que l'agriculture à des fins énergétiques est plus lucrative que l'agriculture à vocation alimentaire.

Pour répondre à la demande croissante des pays occidentaux, les pays du Sud, producteurs potentiels ou déjà actifs, sont tentés d'abandonner les cultures alimentaires au profit des agrocarburants, ce qui constitue un risque pour la sécurité alimentaire mondiale. Le Brésil, par exemple, investit massivement dans la production d'éthanol et implante de grandes surfaces de canne à sucre, mais aussi des cultures à vocation alimentaire.

### **Effets sur la biodiversité**

La production d'agrocarburants est aussi à l'origine de la déforestation des forêts tropicales. Des surfaces importantes de forêt sont en effet détruites pour laisser place à des plantations de palmiers à huile. En Malaisie, par exemple, entre 1985 et 2000, 87 % de la déforestation serait due à la plantation de palmiers à huile. Les forêts primaires de Sumatra connaissent un destin similaire, tandis qu'au Brésil, c'est la canne à sucre qui grignote la forêt.

Cette déforestation détruit la biodiversité, notamment de nombreuses espèces endémiques.

### **Conséquences environnementales**

Contrairement à ce que peut laisser entendre le terme de « biocarburant » souvent employé pour les désigner, les agrocarburants ne sont pas issus de l'agriculture biologique, mais résultent au contraire d'une agriculture intensive encore largement dépendante du pétrole (engrais, produits phytosanitaires, gasoil pour les tracteurs et les machines...).

Leur production impacte directement la ressource en eau, que ce soit en termes de qualité ou de quantité : il faut entre 800 et 3 300 litres d'eau pour la production d'un litre de bioéthanol à partir de la canne à sucre et entre 1 500 et 7 400 litres pour la même production à l'aide du maïs.

### **Un bilan énergétique mitigé**

Par ailleurs, même s'il est généralement admis que les émissions de gaz à effet de serre issues de la combustion des agrocarburants est inférieure à celles découlant des énergies fossiles, le bilan énergétique est mitigé et variable selon les cultures utilisées. La production des agrocarburants nécessite en effet de l'énergie à chacune des étapes (engrais, transports, processus nécessaires à leur fabrication...) et à cela s'ajoute les émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre liées à la transformation de terres ou de forêts pour leur production.

Des études sont menées pour évaluer l'efficacité énergétique des agrocarburants. Les estimations varient, mais il semblerait que l'efficacité énergétique de l'alcool produit à partir de la canne à sucre brésilienne est bonne, tandis que celle des autres agrocarburants l'est moins, notamment pour le maïs.

## **Changement climatique et alimentation : le sol au cœur des enjeux**

La question se pose de savoir à quel usage il est plus légitime de dédier un sol cultivable : à nourrir le plus grand nombre ou à produire de l'énergie pour les voitures de quelques-uns ?

Comme on le voit, l'arbitrage entre les différents usages des sols (production alimentaire, production d'agrocarburants, activités économiques, infrastructures de transports, implantation de champs de panneaux solaires ou d'éoliennes, fourniture de biomatériaux...) est complexe et constitue un enjeu majeur pour l'avenir.

Des situations inquiétantes apparaissent déjà : pour contrer la baisse de production de ressources alimentaires et les problèmes hydriques à venir, des pays étrangers achètent ou louent des terres dans d'autres pays. Ce phénomène, appelé agro-colonialisme ou phénomène des « terres spoliées », est en expansion depuis la crise des prix alimentaires de 2008, et le nombre de surfaces impliquées est gigantesque ! La Corée a par exemple acquis 700 000 hectares au Soudan, l'Arabie Saoudite 500 000 ha en Tanzanie et l'Inde près de 350 000 en Afrique. La Chine achète et loue aussi des terres en Afrique subsaharienne et centrale (au Tchad, en Ethiopie, en République démocratique du Congo), en prévision du maintien de son équilibre alimentaire, mais aussi pour la production de biodiesel.

Sur ces « terres spoliées », l'épuisement des ressources hydriques locales, la pollution des écosystèmes et des sols par les engrais est encore plus à craindre, car les propriétaires-exploitants étrangers n'auront pas à en supporter directement les conséquences, contrairement aux populations locales.

## Conclusion : préserver durablement les sols

Indispensable aux êtres vivants de par les fonctions qu'il remplit, support de la quasi-totalité des activités humaines, capital de production alimentaire vital, compartiment clé en matière de changement climatique : voilà qui pèse bien lourd sur le fragile écosystème sol !

Préserver la capacité des sols à remplir leurs nombreuses fonctions, préserver le milieu sol en tant que tel, sont des enjeux fondamentaux à l'échelle locale, au niveau européen, comme au niveau global, même s'il peut sembler que certains pays sont davantage concernés que d'autres. Le sol n'ayant pas de frontière, les dégradations locales peuvent avoir des conséquences sur les milieux avoisinants ou sur d'autres compartiments de la planète Terre.

L'enjeu est de maintenir la capacité de production des sols, de préserver leur capacité à remplir leurs nombreuses fonctions, de prévenir les dégradations et de remettre en l'état ceux qui sont dégradés. Cela implique de prioriser l'utilisation des sols selon leurs caractéristiques et les spécificités des territoires, et d'adopter des pratiques permettant de ne pas mettre en péril leur capacité à produire la vie.

Ainsi, à toutes les échelles, les sols devraient toujours être affectés en priorité à l'usage pour lequel ils sont le mieux adaptés : les terres agricoles fertiles devraient toujours être réservées à la production alimentaire, même si une production énergétique ou une construction serait plus rentable ; des sols couvrant une nappe souterraine doivent avant tout protéger la ressource en eau de la pollution ; une compensation écologique en zones agricoles devrait toujours se faire sur les terrains offrant le meilleur potentiel pour la biodiversité et non pas sur les zones les moins productives...

Pour que les sols nourrissent longtemps les hommes, il faut renoncer à en tirer le maximum à court terme, mais privilégier le rendement le plus durable possible. Comme l'air et l'eau, le sol est un bien commun mais cependant, chaque propriétaire est libre de faire ce que bon lui semble sur son sol, quelles que soient les conséquences.

S'il existe des réglementations spécifiques qui permettent de régir certains usages (code rural et épandage de matières fertilisantes, loi sur l'eau et épandage des boues de stations d'épuration, règlement sur les installations classées, code de l'urbanisme...), il n'existe pas de cadre légal pour protéger les sols de façon globale et cohérente. En France par exemple, les PLU (plans locaux d'urbanisme), ou les SCOT (schémas de cohérence territoriale) s'attachent à l'occupation des sols selon les différents usages qui en sont faits, alors que leur utilisation devrait être conditionnée par leurs caractéristiques, leur état de conservation, leurs spécificités et les fonctions qu'ils sont à même d'assurer.

En attendant qu'une réglementation protégeant les sols soit mise en place, il est urgent de faire connaître les sols, leurs rôles et les nombreux enjeux qui y sont liés ; la sensibilisation et l'éducation constituent le premier pas nécessaire vers leur préservation.

Peu de gens savent en effet le rôle fondamental des sols pour la vie sur Terre. Si on connaît le rôle indispensable de l'air que nous respirons et de l'eau que nous buvons, combien savent que les sols remplissent eux aussi des fonctions qui nous sont vitales ? Continuer à apprendre et comprendre le sol à travers la recherche est également essentiel, car le sol est complexe et bien des aspects sont encore à explorer.

### L'agriculture et les sols, une relation étroite

Il y a 10 000 ans, l'Homme inventait l'agriculture et avec elle, une nouvelle relation avec son environnement. Le développement de l'agriculture favorise une relative sécurité alimentaire, qui permet aux hommes de se sédentariser et conduit à un accroissement de la démographie. Le sol devient dès lors le support de l'habitat et des activités humaines et depuis cette époque, le sol n'a cessé d'être transformé pour pouvoir répondre aux besoins croissants de l'humanité.

L'agriculture et le sol entretiennent une relation complexe. En France par exemple, nous sommes aujourd'hui bien loin de l'agriculture du début du XX<sup>e</sup> siècle. Des fermes familiales vivant pratiquement en autarcie aux grandes exploitations agro-industrielles impliquées dans des échanges mondiaux complexes, la façon d'exploiter le sol a été profondément modifiée.

On distingue trois étapes clés dans la façon de cultiver le sol : l'exode rural qui vide nos campagnes, la fabrication d'engrais chimiques minéraux (ce sont des engrais de synthèse) par les usines d'armements qui se recyclent à la fin de la première guerre mondiale, et la mécanisation (création du tracteur et utilisation des énergies fossiles qui remplacent la traction animale).

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, l'agriculture en France va basculer dans le modèle productiviste industriel. Son intensification va avoir pour effet l'uniformisation des paysages : les petites parcelles bordées de haies sont remplacées par des grandes surfaces desquelles on élimine tout ce qui va gêner le passage des engins agricoles de tailles de plus en plus importantes. Le second effet, c'est la dégradation des sols qui s'amorce lentement. L'agriculture, entraînée dans une spirale à vouloir produire toujours plus et toujours plus vite, a rompu le cycle naturel sol-plante, et a relégué le sol à une fonction de simple support.

En fonctionnement normal, sol et plantes sont liées : la plante puise dans le sol les éléments nutritifs dont elle a besoin. A la fin de son cycle, elle fane et enrichit alors le sol de la matière organique dont elle est composée. Cette matière organique nourrit la multitude de la mésofaune qui, en s'en nourrissant, la transforme peu à peu en éléments minéraux disponibles pour d'autres plantes. Le tout correspond au cycle simplifié de la matière organique.

Dans le cas de l'activité agricole, on plante des végétaux dans les sols, qu'on récolte ensuite, c'est-à-dire que la matière organique n'est pas restituée au sol, mais exportée. Chaque récolte correspond donc à un prélèvement du sol des éléments minéraux nécessaires à la croissance des végétaux du sol. Il est impossible de cultiver longtemps la même parcelle sans apport de fertilisant organique, comme le fumier, les micro-organismes se chargeant de la transformer en éléments minéraux. En agriculture, on peut gagner du temps en amenant à la plante directement les éléments minéraux dont elle a besoin, le sol étant alors considéré comme un simple support des végétaux. Le problème réside dans le fait que les organismes du sol qui se nourrissent de la matière organique n'ont plus rien à manger et disparaissent. La disparition de la vie du sol engendre ensuite une dégradation de la qualité physique des sols, qui, petit à petit, perdent leurs fonctionnalités.

Les agriculteurs peuvent jouer un rôle important dans la protection des sols, et plus particulièrement au niveau de la biodiversité des sols. Les pratiques agricoles adaptées peuvent en effet influencer de manière considérable la diversité biologique des sols.

Le paillage des sols consiste à recouvrir les sols avec les résidus de récoltes ou du compost par exemple pour préserver la chaleur du sol, son humidité et limiter l'érosion. Les paillis organiques permettent aussi de fournir aux sols de la matière organique pour nourrir la mésofaune, et également de conserver la structure du sol, grâce au travail des micro-organismes.

Amender le sol avec des dépôts organiques décomposés tels que le fumier et le compost permet aussi de fournir de la nourriture aux micro-organismes du sol et contribue également à une bonne structuration du sol.

Les produits chimiques (pesticides et engrais) peuvent perturber l'équilibre biologique des sols et contribue à fragiliser ses diverses fonctions. Limiter les apports chimiques dans les sols freine les facteurs de sa dégradation.

Enfin, le choix des cultures est important pour le sol. On sait par exemple que les légumineuses (pois, haricots) agissent comme des fertilisants naturels, car ce sont des plantes mycorhyziennes qui favorisent la fixation de l'azote atmosphérique dans les sols. Les autres cultures par contre puisent leurs ressources dans le sol. Lorsqu'elles sont plantées successivement dans le sol, elles peuvent contribuer à épuiser la matière organique. Alternier les types de culture présente plusieurs intérêts : cela permet non seulement de préserver les éléments nutritifs du sol, mais aussi de prévenir l'accumulation d'agents pathogènes et d'espèces nuisibles.

Dans le même temps, conserver ou réimplanter des haies ou des bandes enherbées en bordure de champs favorisent également les sols et leur biodiversité dans les champs.

Extrait du kit pédagogique « le sol m'a dit » de la FRAPNA

## Questions de vocabulaire : les sols, la terre, langages et concepts

**Le vocable terre** désigne la planète mais aussi le matériau qui correspond à la partie immergée solide de la Planète. Il fait référence aussi à la partie meuble et cultivable d'un espace : une bonne terre, cultiver sa ou ses terres, des terres à blé ou à maïs, le prix des terres... Le mot terre est utilisé lorsque le regard social (voire politique) est porté sur l'espace géographique considéré.

**Le terme de sol** est davantage utilisé pour un langage technique. Les sciences du sol cherchent à caractériser le milieu en vue d'un usage (agricole, génie civil, carrières, gestion des déchets...). Les processus, physiques, chimiques et biologiques, en sont les clés de compréhension. Ils sont à la base de nombreuses disciplines qui porteront chacune un regard spécifique.

**Les pédologues** s'intéressent aux sols comme entité pour en comprendre les principes de fonctionnement et les classer. Les cartes pédologiques sont élaborées en utilisant un référentiel basé la nature du support géologique. Outre la détermination de leur origine géologique, les propriétés physico-chimiques et biologiques et leur évolution sont des données importantes utiles aux agronomes et au génie civil.

**Les agronomes** nomment sol la partie travaillée par les labours et utilisée par les racines des plantes. C'est un synonyme de terre arable. Les qualificatifs utilisés sont fonction du comportement des sols, de ses réactions lors des étapes culturales : sols battants (lorsqu'une croûte se forme en surface après les pluies), sol poreux ou filtrant quand il ne retient que peu les éléments apportés ou l'eau, sol compacté quand l'usage de la mécanisation a tassé et fermé le sol...

**En aménagement du territoire**, notamment à travers les PLU, anciennement appelés POS (plans d'occupation du sol), on distingue les grandes catégories d'occupation spatiale du sol (agricoles, boisés, bâtis et les autres sols).

**Le génie civil** s'intéresse aux sols urbains. Supports pour construire les routes et les bâtiments, les sols se différencient par leurs caractéristiques géo-mécaniques.

**L'écologie** étudie les sols comme milieu de vie biologique, notamment la macrofaune des sols, parfois la microfaune aussi, mais assez peu les micro-organismes. Le sol est une composante déterminante de la biodiversité, des habitats, et conditionne la vie d'espèces aériennes : pelouses calcaires, milieux tourbeux, etc.

**Le géographe** s'intéressera aux sols pour expliquer la construction de paysage et le développement des activités socio-économiques et des sociétés humaines.

**L'agriculteur ou le jardinier** utilise plutôt le mot terre en référence à la terre « nourricière ».

**L'agriculteur** désigne ses sols par types, mais les termes issus de la tradition locale n'ont rien de commun avec les désignations actuellement utilisées par les pédologues (les argilo-calcaires ou rendzines, les terres d'aubes, de grève...)

Le mot « **sol** » est un terme générique à forte consonance technique. Il appelle des qualificatifs précis pour parler de leur nature et des fonctions attendues. Quel que soit le regard porté, un minimum de connaissances aide à mieux comprendre leur fonctionnement et donc à mieux les utiliser. On peut toutefois remarquer que la désignation des types de sols n'est pas un langage commun. Différences d'attendus sur les fonctions des sols, différences de langage et forte technicité pour en parler... le dialogue n'est pas facilité. Autant de difficultés pour faire de la préservation ou de la bonne utilisation des sols un enjeu commun. S'ajoute à cela le droit de propriété sur les sols : la terre s'achète, se vend, en tant qu'espace et en tant que matériau.

## Bibliographie

- Le guide illustré de l'écologie. Bernard Fischesser et Marie-France Dupuis-Tate. Editions de La Martinière, 1996
- Dégradation du sol et développement durable en Europe : ayons les pieds sur terre. Agence européenne pour l'environnement. Série sur les problèmes environnementaux n° 16, 2002
- Le sol. Dossier INRA mensuel, janvier 2009
- Le sol m'a dit. Kit pédagogique. FRAPNA. 2009
- Sols. Observatoire régional de l'environnement de Bourgogne. Repères n°10, juin 1998
- Les sols : un support vivant, des services multiples. Alterre Bourgogne. Repères n°58, 2011
- Les sols : la face cachée du cycle climatique. Commission Européenne. 2011
- Les sols : des fonctionnalités à mieux connaître pour mieux les utiliser. Alterre Bourgogne. Rapport technique, octobre 2012
- La vie cachée des sols. Ministère du développement durable. 2010
- Le sol, un capital à préserver. INRA. Février 2001
- L'usine de la vie, pourquoi la biodiversité des sols est-elle importante ? Commission européenne. 2010
- Le sol, épiderme vivant de la Terre. Les dossiers d'Agropolis International, n°8, juin 2009
- Le sol, épiderme vivant de la terre. Comité national français de l'Année internationale de la Planète Terre. 2007
- Les sols pour l'avenir de la planète Terre. Alain Ruellan et Roland Poss. Association française pour l'étude du sol, Planèteterre, février 2008
- L'état des sols en France. Gis Sol. 2011
- Agrocarburants : cartographie des enjeux. Fondation Nicolas Hulot pour la nature et l'homme, Réseau Action Climat - France. Septembre 2008
- La crise alimentaire, le développement durable et les biocarburants : perspectives d'avenir. Erwan Cheneval, Ariane Adam-Poupart et Joseph Zayed. VertigO, volume 11, numéro 1, mai 2011
- L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2012