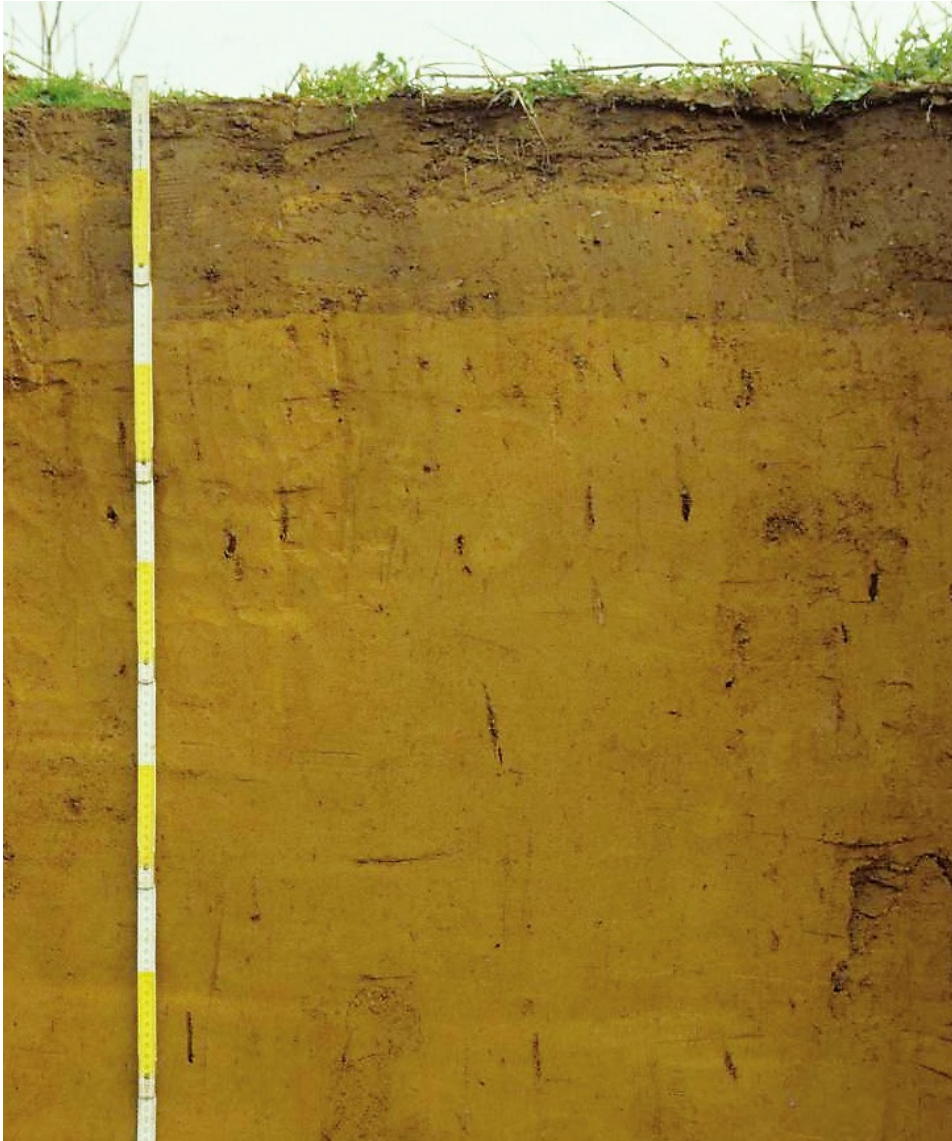


Le Sol

Présentation J L Mulkens
dans la cadre de la formation à la permaculture
Organisée par le Plan Communal du
Développement de la nature de la ville de Durbuy.

JL Mulkens – Bernard Adam – Jean Fassotte
Coordinatrice : Chantal Rossignon

Le sol, c'est quoi ?



Le sol est la couche superficielle meuble de la surface terrestre. Son épaisseur peut aller de quelques dizaines de centimètres jusqu'à plusieurs mètres. Il résulte de la dégradation de la **matière organique** d'origines végétale et animale provenant de la surface et de la **matière minérale** provenant de l'altération de la roche-mère qui le supporte.

Comment se forme le sol ?

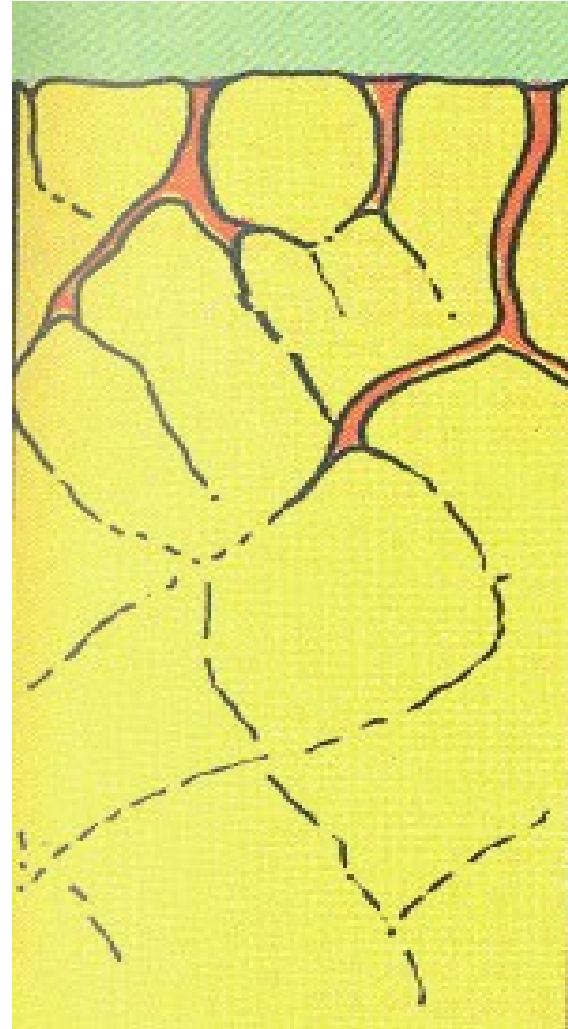
PREMIER STADE : LA DÉCOMPOSITION DE LA ROCHE-MÈRE

Désagrégation physique (fragmentation) d'une roche en particules minérales grossières sous l'action :

- des gradients thermiques (variation des températures jour-nuit),
- de l'alternance gel-dégel (l'eau prend plus de volume en gelant et éclate la roche),
- de l'alternance humidité-sécheresse (changement du volume des roches tendres # fissuration et cassures).

Altération chimique de la roche : des éléments de la roche sont mis en solution dans l'eau, le matériau s'en va par lessivage.

L'altération de la roche-mère va donner naissance à une couche ameublie.



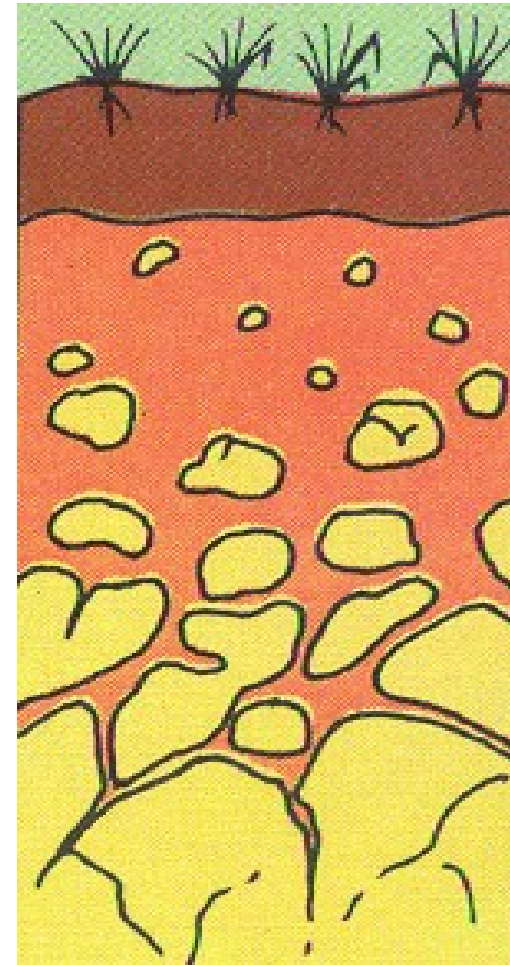
Comment se forme le sol ?

DEUXIEME STADE : L'ENRICHISSEMENT EN MATIÈRE ORGANIQUE

L'ameublissement du profil lors du premier stade permet la colonisation du sol par les végétaux et les animaux.

Les matières organiques mortes sont transformées en humus et minéralisées.

Il se forme un **horizon** de surface de couleur sombre.



Comment se forme le sol ?

TROISIÈME STADE : LA FORMATION D'AUTRES HORIZONS

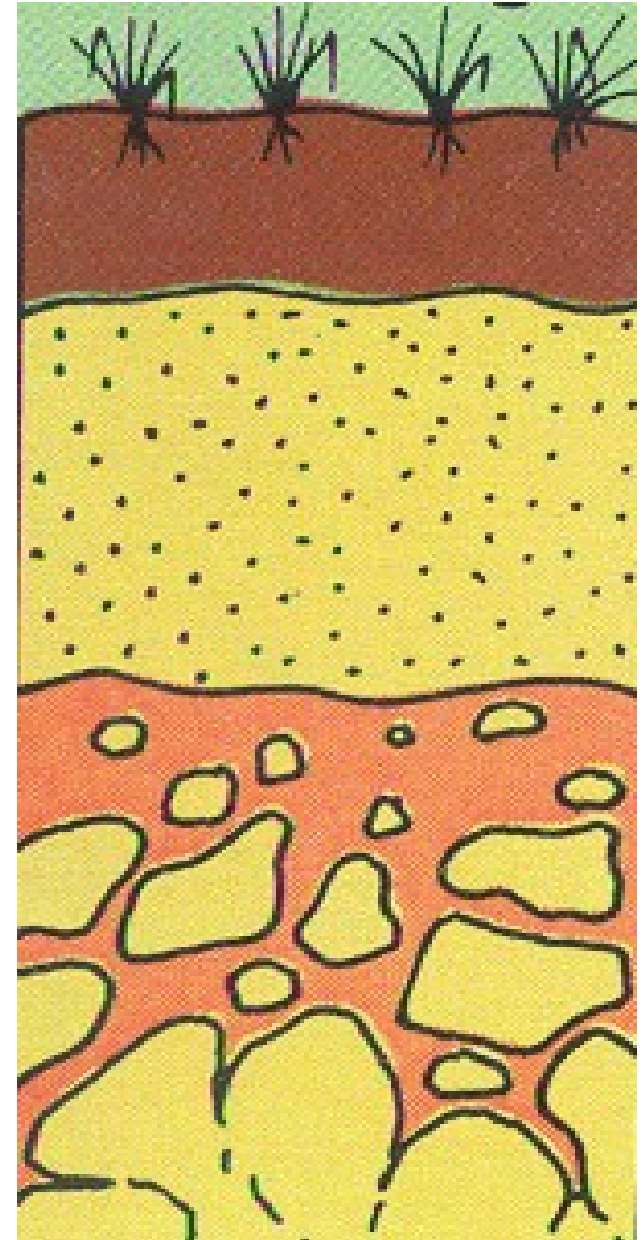
L'eau de pluie qui traverse le sol peut entraîner les particules les plus fines en profondeur. On parle du « lessivage » du sol. Cela conduit à un appauvrissement des couches supérieures et un enrichissement des couches plus profondes en éléments fins. Les éléments fins se déposent à des profondeurs différentes générant, du haut vers le bas, des couches superposées aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques différentes. Ces couches sont appelées **horizons**.

Il faut environ 100 ans pour former 10 mm de sol !

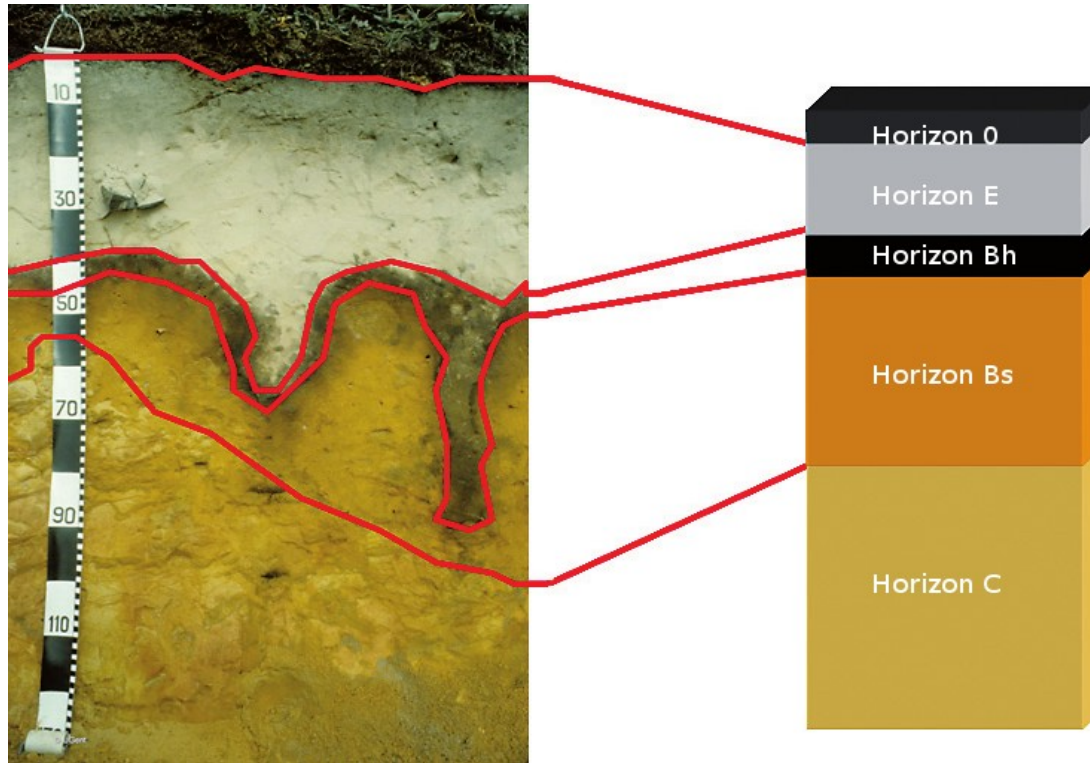
Chaque sol est donc unique. Son aspect, sa structure, sa texture, sa composition et ses propriétés vont dépendre de la nature de la roche-mère, du climat, du type de végétation qui s'y installe, de son âge et de sa position dans le relief. Par ses activités et l'utilisation qu'il en fait, l'Homme peut également influencer la formation des sols, en particulier par des apports massifs de matière organique pour enrichir le sol.

Pourquoi y a-t-il des sols bruns, rougeâtres ou bleuâtres ?

Le sol contient divers minéraux, notamment du fer. Celui-ci est un important agent de coloration du sol et nous renseigne sur son état d'oxygénation. En fonction de la quantité d'eau contenue dans le sol, celui-ci peut être plus ou moins oxygéné. Le fer prendra une teinte brune s'il est bien oxygéné, une teinte rougeâtre s'il est très oxygéné et une teinte gris-bleue s'il est peu oxygéné.



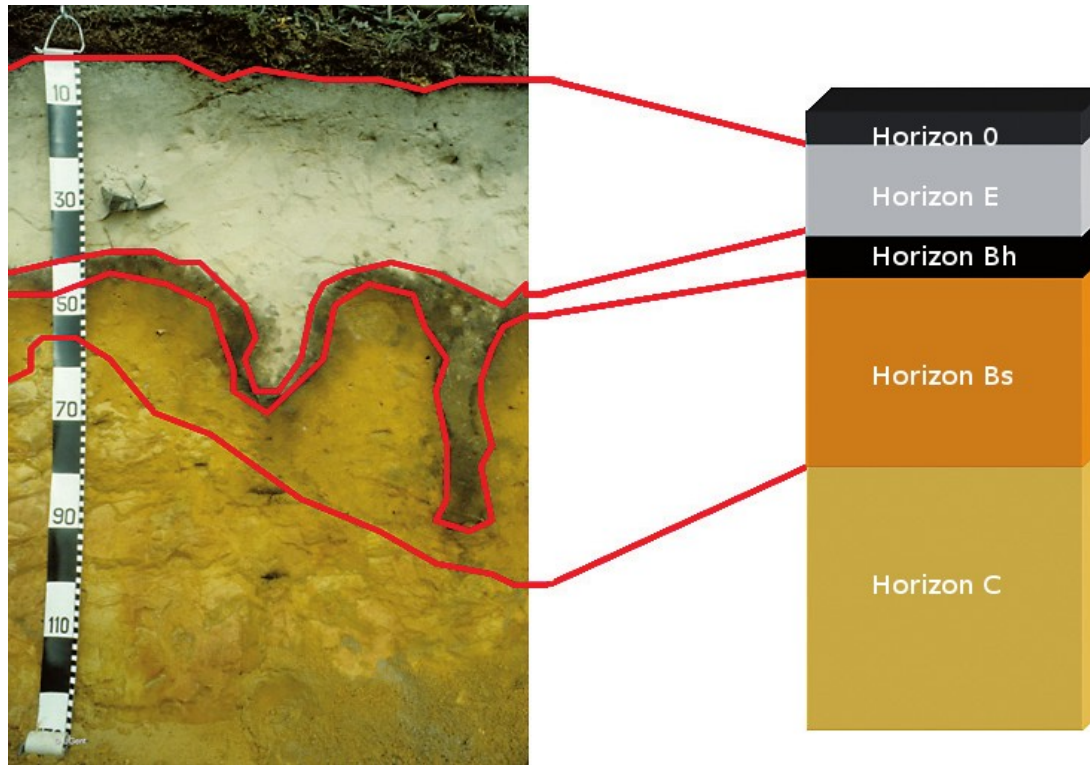
Comment s'organise le sol ?



Le sol n'est pas une masse homogène. Il est possible de distinguer des couches superposées ayant des caractéristiques bien distinctes que l'on nomme « **horizons** ». Ensemble, ces horizons constituent ce que l'on appelle le « **profil de sol** ».

Les horizons se différencient notamment par la couleur. Il est également possible de les différencier par un certain nombre d'autres caractéristiques comme la taille (**texture**) et l'organisation (**structure**) des particules qui les composent, la dureté, la présence plus ou moins importante de cailloux, l'acidité, la présence de taches de couleurs, l'abondance et la dimension des pores (espace entre les particules du sol), etc.

Comment s'organise le sol ?



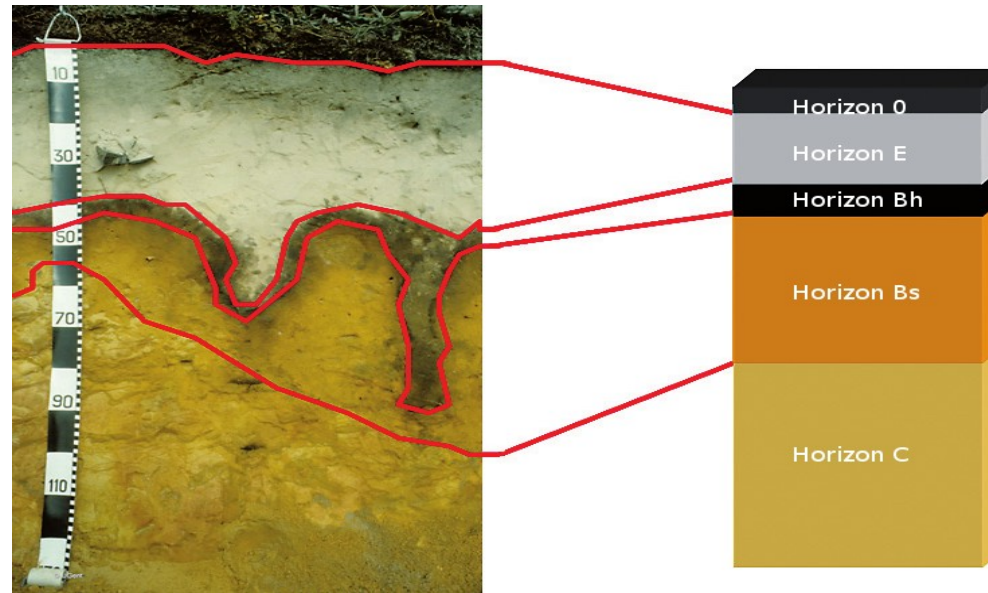
L'horizon de surface **O**, en contact avec la végétation, est enrichi en matière organique, ce qui lui donne souvent une couleur plus foncée. **On peut le subdiviser en 3 sous-horizons.**

O_i : litière de l'année. C'est la matière organique animale et végétale qui vient de mourir et qui n'est pas encore décomposée.

O_f : couche de fermentation. Les débris sont encore reconnaissables. La matière organique est à un état intermédiaire de décomposition.

O_h : couche d'humification. La matière organique a évolué pour former l'humus. Les débris très décomposés ne sont plus reconnaissables. La matière organique commence à se minéraliser.

Comment s'organise le sol ?



L'horizon E est la zone de lessivage de la matière organique minéralisée. Il est de couleur beige clair, gris cendré ou blanchâtre.

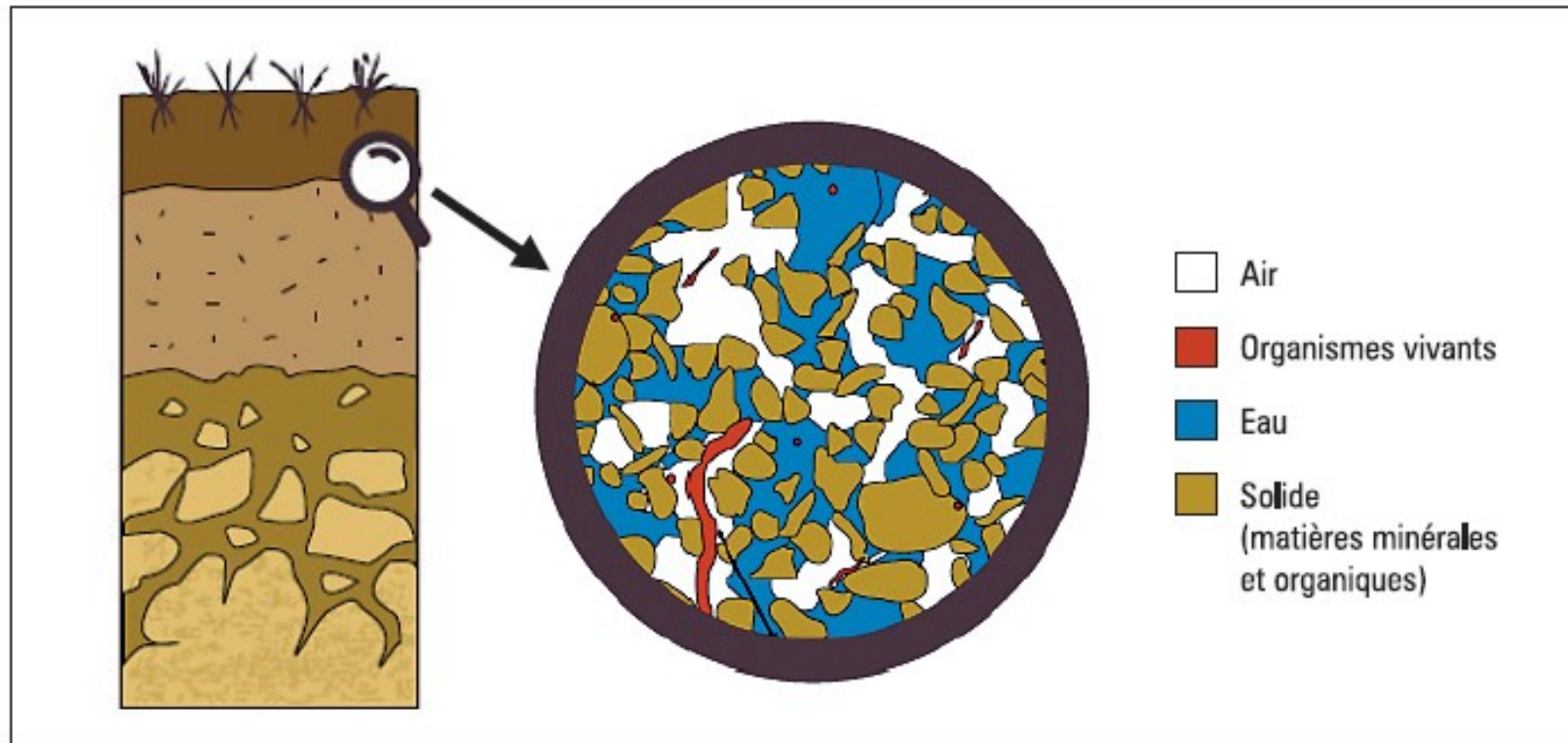
L'horizon Bh est souvent limité à une bande noire. C'est une zone d'accumulation de la matière organique minéralisée lessivée de l'horizon E.

L'horizon Bs est une zone de concentration d'oxydes de fer et d'aluminium. C'est un horizon de couleur rouille, parfois très dur.

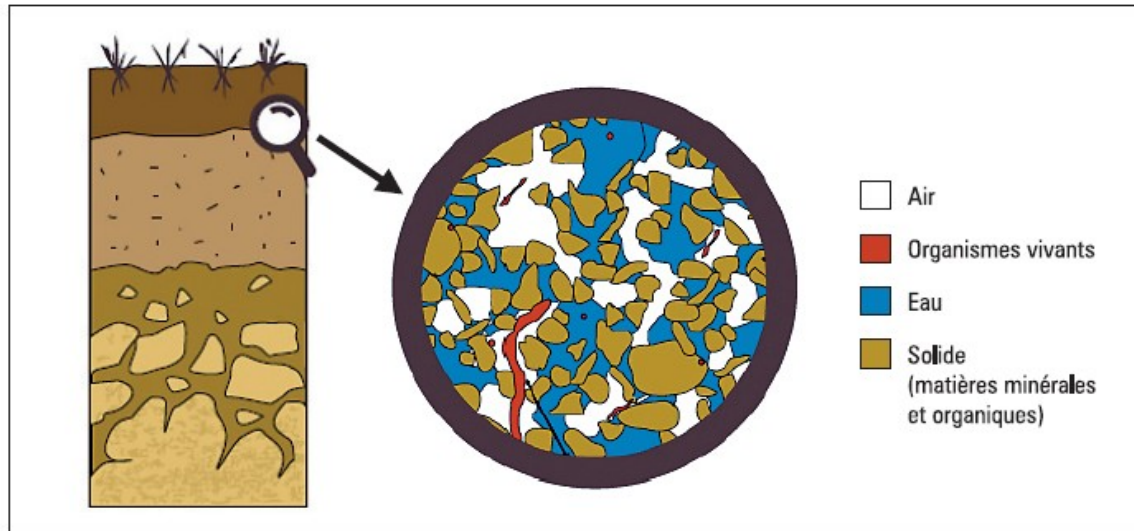
L'horizon C est la roche-mère pédologique formé par l'altération de la roche en place et par les éléments du sol venus du dessus.

Quand la roche-mère est encore présente, on la trouvera en bas du profil.

Quels sont les constituants du sol ?



Quels sont les constituants du sol ?



La matière minérale

Les particules minérales du sol sont de différentes tailles. Leur répartition en fonction de leur taille (limon, argile, sable) s'appelle la **texture du sol**. On les classe selon leur diamètre (granulométrie).

En réalité, les particules minérales ne sont pas rondes. Si les limons et sables ressemblent à de minuscules cailloux, les particules d'argiles ressemblent quant à elles plutôt à des plaquettes

En raison de leur taille et de leur nature, les argiles peuvent agir comme un ciment entre les grains de sable et de limon.

La proportion de sable, limon et argile détermine la texture d'un sol ou d'un horizon. On parle dès lors de sols argileux, limoneux ou sableux selon que l'argile, le limon ou le sable domine. Il existe également des intermédiaires. On parle, par exemple, de sols sablo-limoneux lorsqu'ils contiennent principalement un mélange de sable et de limon.

L'argile, le limon et le sable peuvent se reconnaître au toucher. L'argile colle aux doigts quand elle est humide et on peut en faire des boudins ; les limons sont poussiéreux quand ils sont secs et tachent les doigts ; les sables, quant à eux, rayent les doigts.

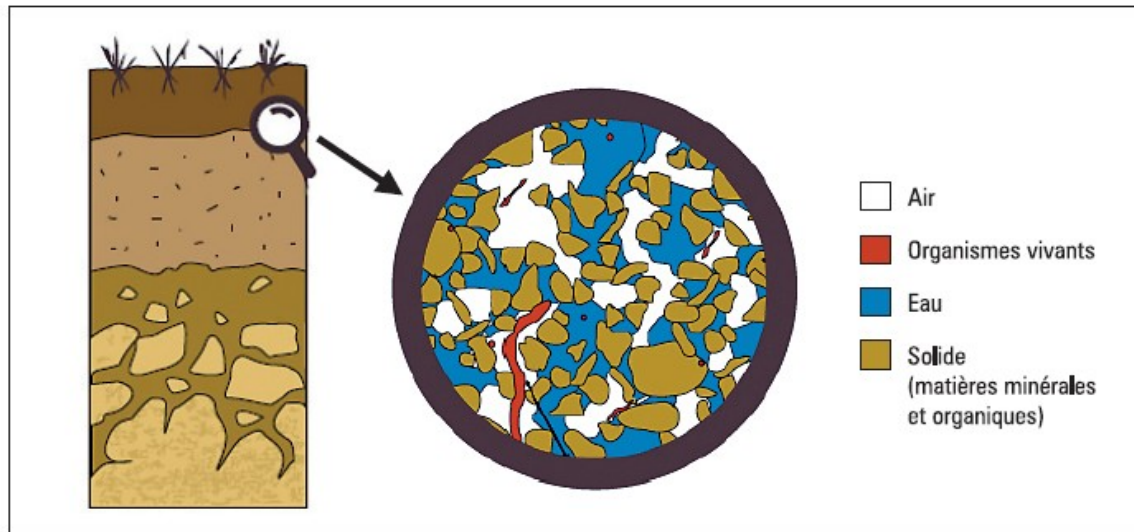
Le sable, le limon, l'argile et l'humus peuvent se combiner de différentes façon dans le sol et donner lieu à des **structures** différentes.

Lorsqu'on éclate entre les doigts un bloc de terre prélevé sur un profil de sol, il est possible d'isoler des mottes de sol de taille variable qu'on appelle « agrégats ». L'arrangement de ces agrégats et des espaces vides qui les séparent définissent la structure du sol.

Cette structure du sol détermine la proportion de vides dans le sol que l'on appelle **porosité**.

En moyenne, 50% du volume du sol est composé de solides et 50% de vides. Les vides sont occupés par de l'**air** et/ou de l'**eau** en proportion variable selon les saisons et le type de sol.

Quels sont les constituants du sol ?



Les constituants organiques

La matière organique du sol comprend ce qui est vivant, ce qui est en cours de décomposition et ce qui est décomposé. Il est donc possible de distinguer

la matière organique vivante (plantes, vers de terre...),

la matière organique fraîche morte et très peu transformée (litière d'une forêt...) et

la matière organique morte et totalement transformée (humus).

-Les végétaux et animaux vivants : champignons, vers de terre, bactéries ...

Le sol contient une vie extraordinaire tant du point de vue de la quantité que de la diversité. Il s'agit d'un véritable réservoir biologique. Tous ces organismes remplissent des fonctions bien précises qui permettent d'assurer le bon fonctionnement du sol. Par exemple, les organismes du sol sont responsables de la décomposition des matières organiques qui s'y accumulent et la transforment en humus. Les éléments minéraux ainsi libérés permettent la croissance des végétaux qui sont à la base de la chaîne alimentaire dont nous faisons partie.

Certains organismes permettent d'épurer l'eau qui traverse le sol.

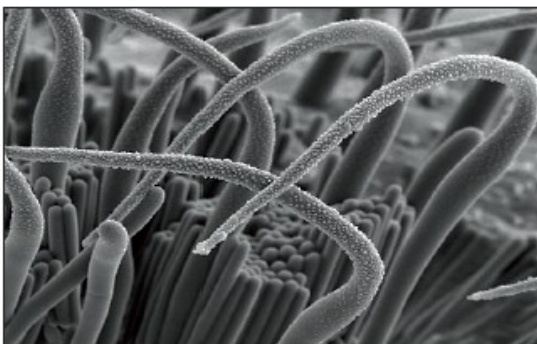


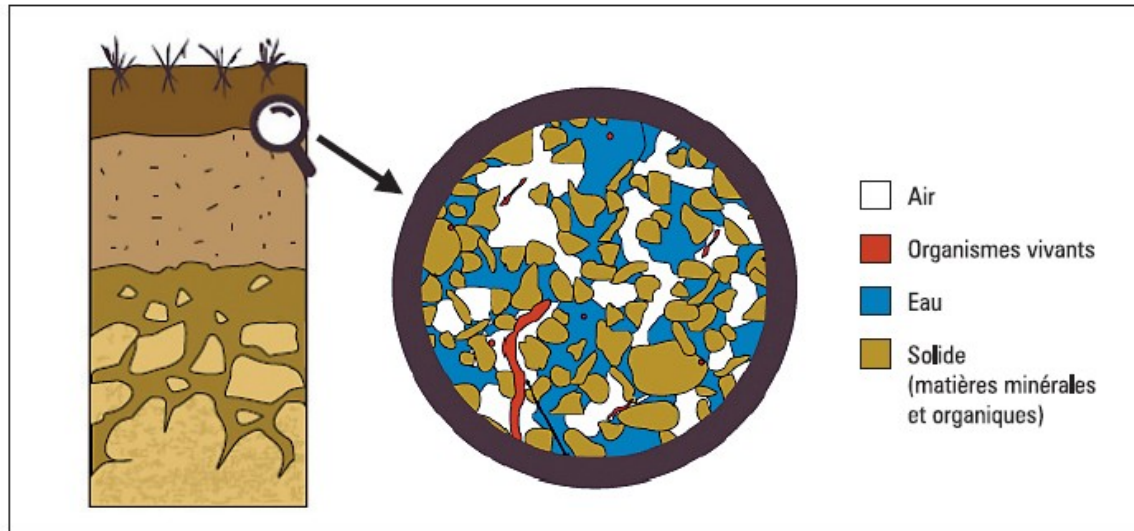
Photo 20 - Le sol regorge de vie. Ici des champignons du sol.



Photo 21 - Les vers de terre sont de précieux alliés de nos sols.



Quels sont les constituants du sol ?



Les constituants organiques

Sous 1 m² de sol forestier, on retrouve en moyenne :
200 vers de terre,
200 000 acariens et collemboles,
100 milliards de bactéries,
1 milliard d'algues
et bien d'autres formes de vie !

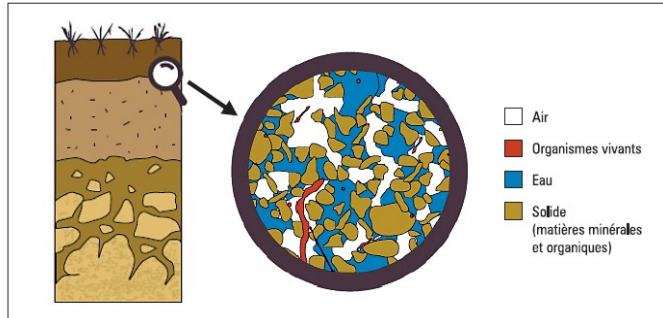
-Les végétaux et animaux vivants : champignons, vers de terre, bactéries ...

La faune du sol peut être classifiée de la manière suivante :

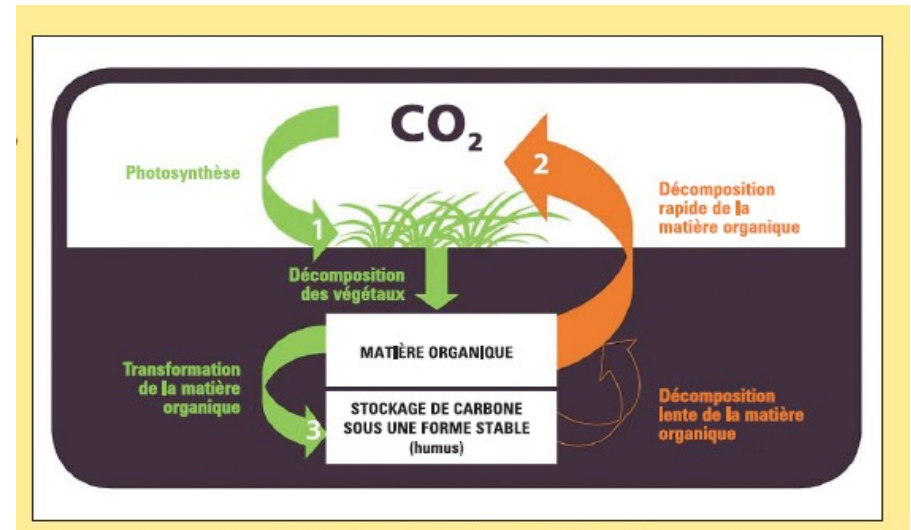
- La mégafaune : cette catégorie regroupe les animaux de plus de 2 cm. On y retrouve les gastéropodes (limaces, ...), les vers de terre (lombrics), ou encore les petits mammifères rongeurs ou insectivores (souris, taupes...).
- La macrofaune : cette catégorie regroupe les animaux compris entre 2 cm et 2 mm. On y retrouve les larves d'insectes, les petits vers de terre, les mille-pattes, les cloportes, ...
- La mésofaune : cette catégorie regroupe les animaux compris entre 2 mm et 0,1 mm. On y retrouve des vers minuscules appelés nématodes, des collemboles, des acariens, ...
- La microfaune : cette catégorie regroupe les animaux de moins de 0,1 mm. On y retrouve essentiellement des animaux unicellulaires et des bactéries.

Parmi toutes les formes de vie du sol, les vers de terre jouent un rôle prépondérant. Ils permettent en effet d'améliorer ou de maintenir la structure du sol. Ils confèrent au sol une structure dite grumeleuse grâce à leurs défécations, après passage dans leur tube digestif de la terre et de la matière organique. Cette structure favorise la circulation de l'air et de l'eau et l'activité des micro-organismes. Les racines des plantes peuvent alors facilement s'enraciner dans le sol. Les rejets des vers de terre améliorent également la disponibilité en éléments minéraux.

Quels sont les constituants du sol ?



Les constituants organiques(suite)



-Les déjections animales, les végétaux et animaux morts mais non encore décomposés,

-Les animaux et végétaux morts en cours de décomposition,

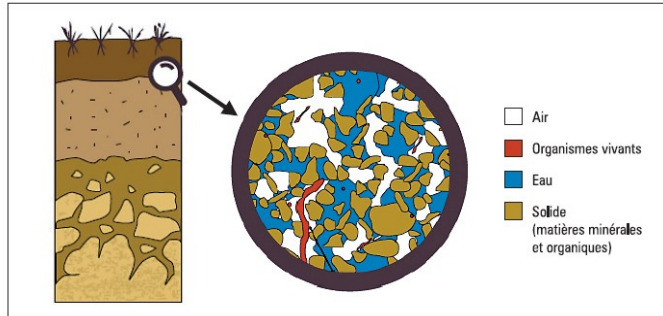
-L'humus (dernier stade de décomposition des végétaux riches en carbone).

Cet ensemble de matières organiques est très important, notamment l'humus, car il agit comme une sorte de ciment et permet aux particules minérales de se lier les unes aux autres. Il est de ce fait une source d'éléments minéraux pour les plantes. Il favorise ainsi la formation des agrégats et est donc en partie à l'origine de la structure du sol. Il permet une meilleure rétention de l'eau dans le sol. C'est enfin une forme de stockage de carbone dans le sol, qui permet de limiter le réchauffement climatique. On estime qu'il y a dans les sols 3 à 4 fois plus de carbone que dans la végétation et 2 à 3 fois plus que dans l'atmosphère.

Les éléments minéraux sont retenus sur le complexe argilo-humique (= association d'argile et d'humus). Le complexe argilo-humique restitue alors des éléments minéraux à l'eau du sol. La fertilité d'un sol dépend de l'importance du complexe argilo-humique. Un sol avec de l'argile et de l'humus est donc plus fertile qu'un sol sableux et pauvre en humus.

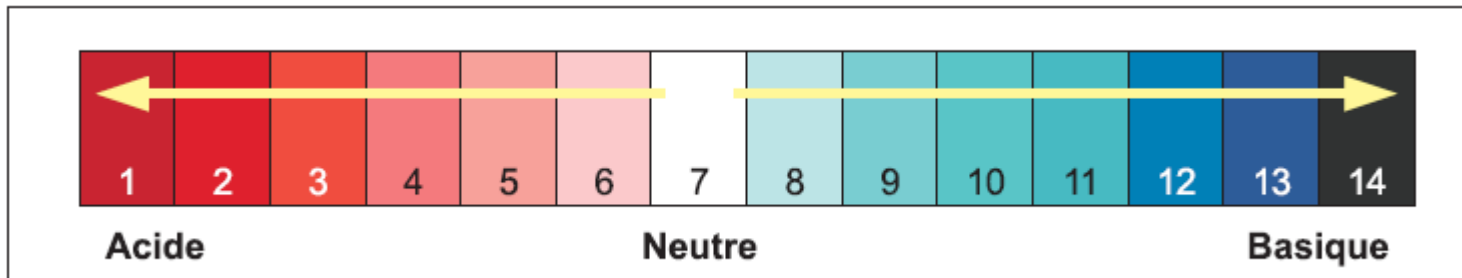
Le complexe argilo-humique a un fort pouvoir adsorbant (adsorber = fixer en surface). Ce complexe est chargé négativement et peut fixer, tel un aimant, des éléments chargés positivement comme le potassium (K⁺), le calcium (Ca⁺⁺) ou le magnésium (Mg⁺⁺).

Quels sont les constituants du sol ?



L'acidité du sol renseigne sur la disponibilité et la richesse du sol en éléments minéraux.

Elle est mesurée par le pH, qui exprime la concentration en protons H^+ . Plus il y a de H^+ , plus le sol est acide. Le pH se mesure sur une échelle de 0 à 14, 7 étant la neutralité. Un sol acide ($pH < 6,5$) est plus pauvre qu'un sol neutre ($6,5 < pH < 7,5$) ou basique ($pH > 7,5$). Cependant, les sols avec un pH trop élevé ne conviennent plus à la culture.



Le maintien d'un sol riche en matières organiques et en biodiversité est donc essentiel.

Eviter le travail profond et répété du sol et préférer un travail plus superficiel et moins fréquent.

Effectuer des apports réguliers sous forme de fumier, compost, boues... pour nourrir la vie du sol.

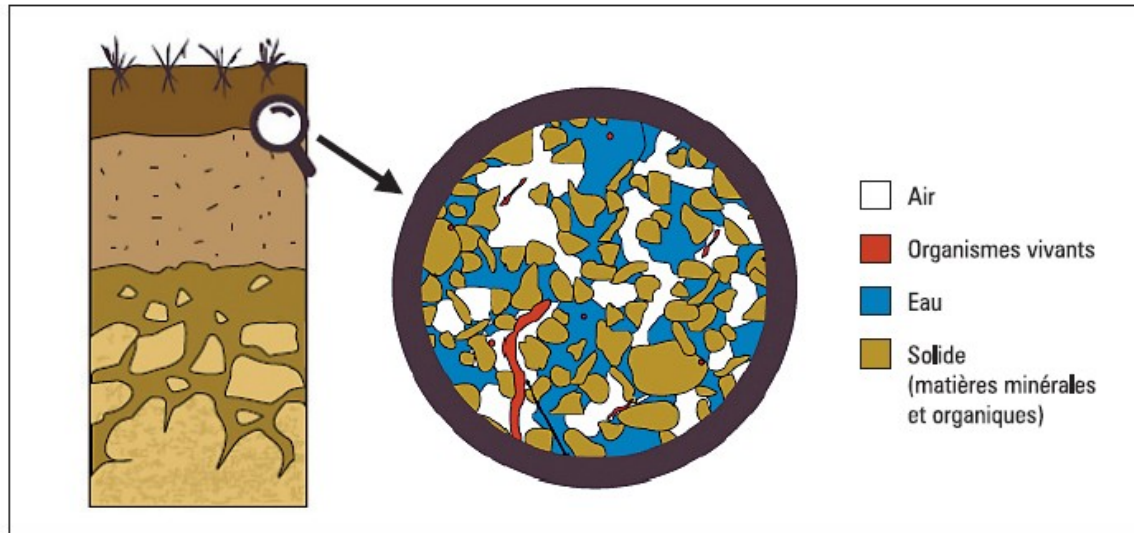
Planter une culture intermédiaire entre deux cultures principales afin de protéger le sol de l'érosion. Cela peut être fait avec des engrais verts qui pourront être incorporés au sol.

Eviter le déboisement et la conversion de prairies en terres de culture.

Raisonner l'usage des produits phytosanitaires qui peuvent nuire à la vie du sol.

Minimiser l'imperméabilisation des sols en utilisant des matériaux qui permettent au sol de continuer à fonctionner correctement au niveau des échanges gazeux.

Quels sont les constituants du sol ?



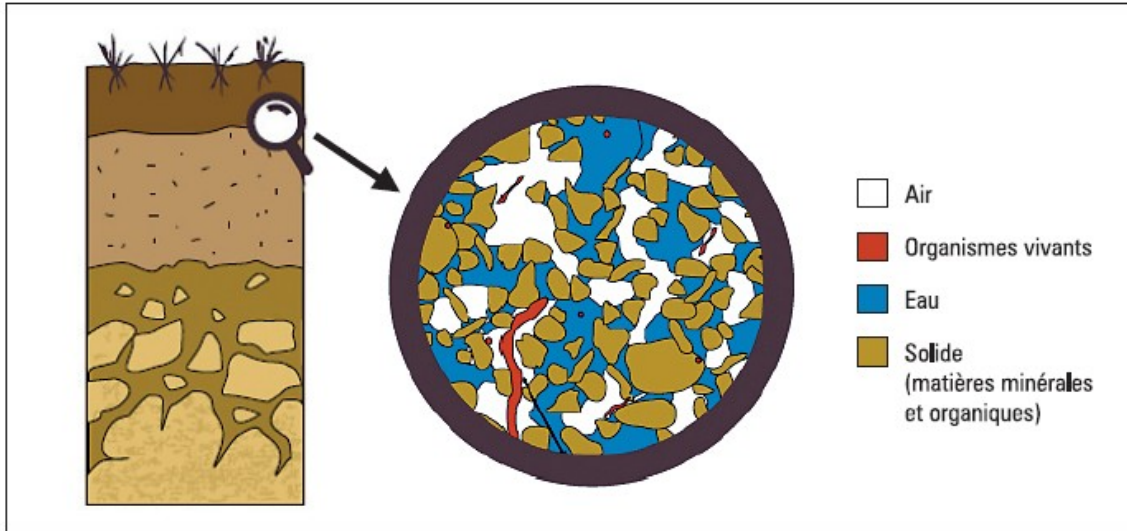
L'air du sol

L'air du sol est aussi nommé « **l'atmosphère du sol** ». On y retrouve, entre autres, de l'azote gazeux (N_2), de l'oxygène (O_2), du dioxyde de carbone (CO_2), du méthane (CH_4).

Ces gaz proviennent d'échanges avec l'atmosphère, de réactions chimiques au sein du sol et de l'activité métabolique des organismes du sol.

L'air du sol est très important pour la croissance des végétaux. En effet, un manque d'oxygène dans le sol provoque une asphyxie (manque d'air) des racines, ce qui entrave la croissance des plantes. L'asphyxie du sol provoque en outre des fermentations qui produisent des gaz toxiques comme le méthane, par exemple.

Quels sont les constituants du sol ?



L'eau du sol

L'eau du sol, également appelée la « solution du sol », contient des éléments minéraux provenant de la dissolution des roches, de la décomposition de la matière organique ou encore des engrais. Il s'agit, par exemple, de calcium (Ca), de phosphore (P), de potassium (K), d'azote (N), Cette solution est prélevée par les racines des plantes pour leur développement.

L'humidité du sol est importante pour le développement des plantes et des organismes vivants du sol. Elle est fonction des précipitations, de l'évaporation, de la quantité d'eau retenue et de la perméabilité du sol. Les espaces entre les particules solides du sol sont appelés **pores**. Ils peuvent être occupés par de l'eau, de l'air, des micro-organismes et des petites racines.

Lorsqu'il pleut, l'eau de pluie peut soit s'infiltrer dans le sol, soit ruisseler à sa surface. L'importance de l'un ou l'autre phénomène est fonction de ce que l'on appelle la capacité d'infiltration du sol. Cela dépend beaucoup de la texture du sol.

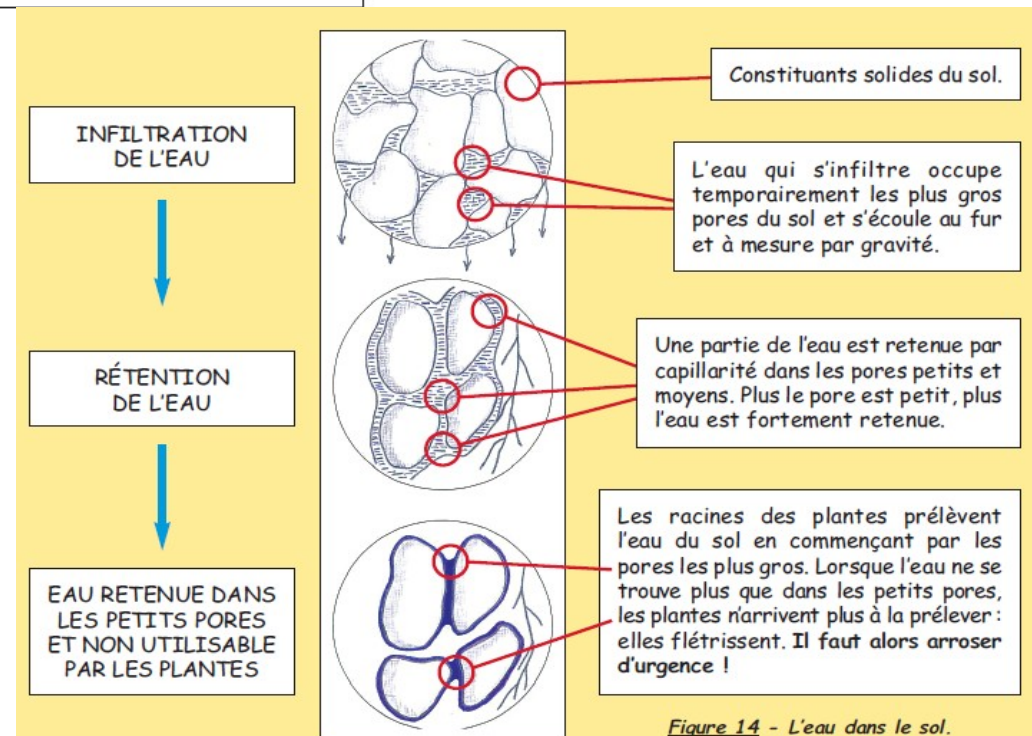
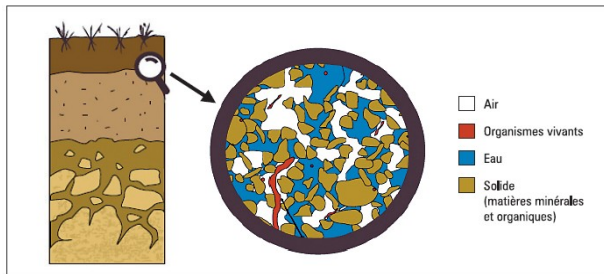


Figure 14 - L'eau dans le sol.

Quels sont les constituants du sol ?



L'eau du sol

Les sols sableux ont beaucoup de gros pores qui ne retiennent pas l'eau mais qui permettent à l'eau de percoler très rapidement vers les nappes d'eau souterraines (« eau de percolation »).

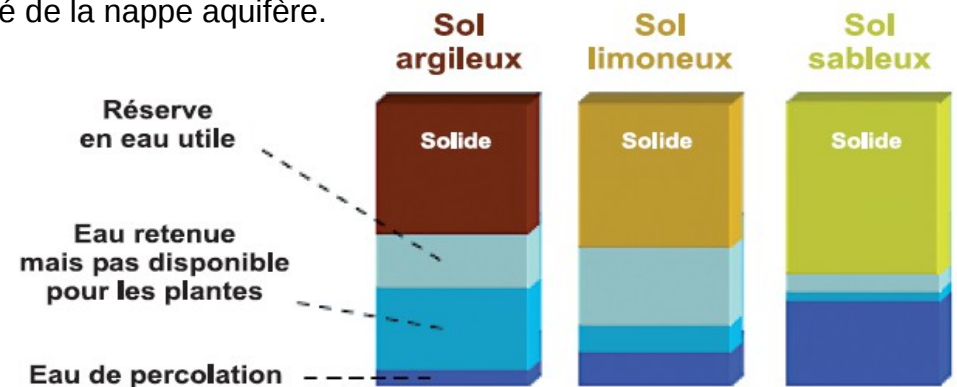
Les sols argileux ont beaucoup de petits pores. Ils retiennent beaucoup d'eau par capillarité, mais une grande part de celle-ci n'est pas utilisable par les plantes car elle est trop fortement retenue. Si ces sols sont pauvres en humus, ils peuvent devenir peu perméables, voire imperméables.

Les sols limoneux présentent beaucoup de pores de taille moyenne. L'eau dans ces pores est moins fortement retenue et donc disponible pour les plantes. La réserve en eau utile pour les plantes exprime la quantité d'eau qui peut être retenue par un sol et qui est utilisable par les plantes : les sols limoneux ont la meilleure réserve en eau utile.

L'air et l'eau du sol occupent donc la porosité du sol, c'est-à-dire les espaces (pores) entre les particules solides du sol. Quand un sol est gorgé d'eau, l'eau chasse l'air et occupe l'ensemble de la porosité : les racines et les micro-organismes du sol ont alors du mal à trouver l'oxygène nécessaire pour leur croissance. Lorsque cette situation persiste, le sol prend une couleur gris-bleue. Quand le sol est ressuyé (égoutté), l'eau n'occupe plus les pores les plus gros, qui peuvent alors se remplir d'air. L'air occupe à ce moment la macroporosité du sol. Le sol contient toujours de l'eau, mais celle-ci occupe la microporosité. La quantité d'air dans le sol dépend donc de la texture et de la structure, mais aussi de l'importance des pluies et de la proximité de la nappe aquifère.

Macroporosité : espace dans le sol occupé par des pores de grande dimension (plus de 0,1 mm de diamètre) et généralement occupé par de l'air, une fois le sol ressuyé.

Microporosité : espace dans le sol occupé par des pores de petite dimension (moins de 0,3 μm de diamètre) et généralement occupé par l'eau du sol, plus précisément par la solution du sol même après ressuyage (égouttage) de l'excès d'eau.



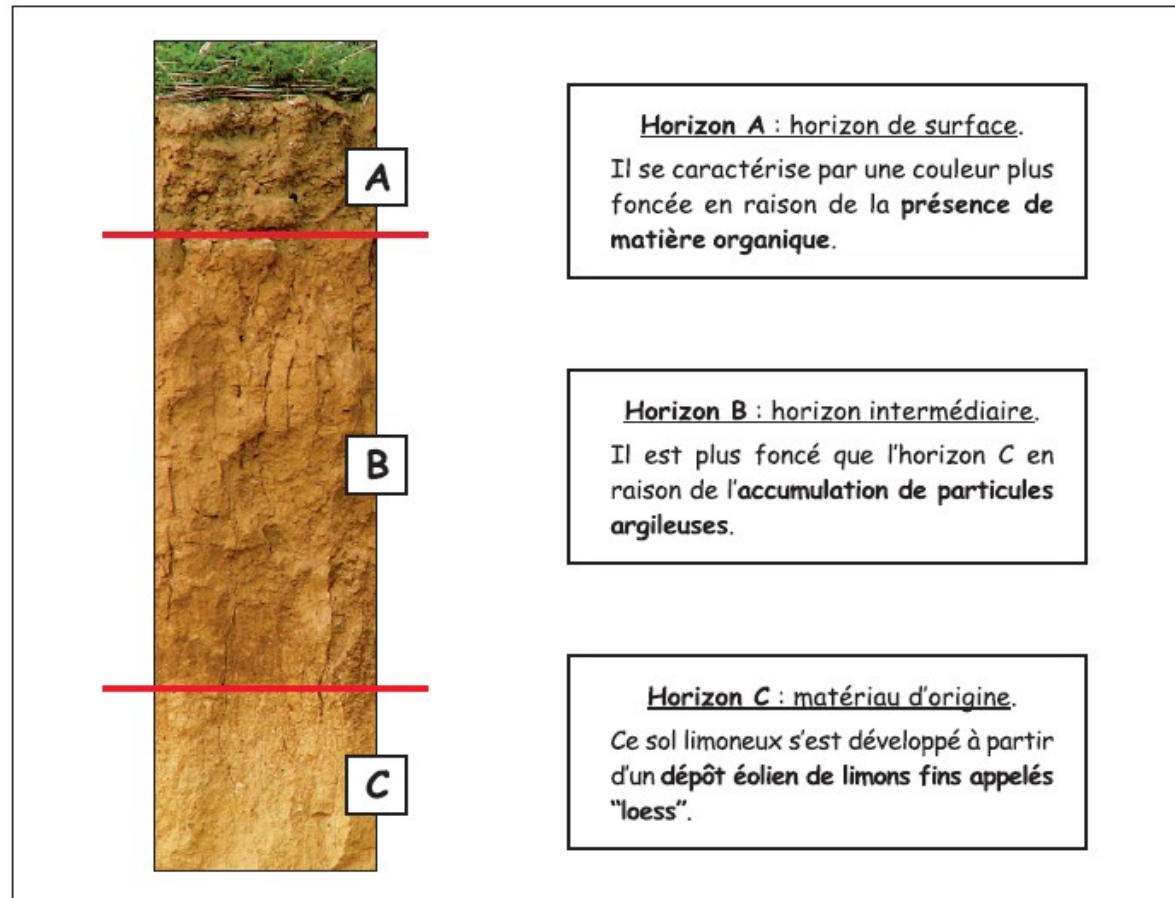
Quelques exemples de sols

Le sol brun limoneux (Luvisol)

Il s'agit d'un sol comportant typiquement 3 horizons dénommés A, B et C.

Sol lessivé présentant une accumulation d'argile dans l'horizon B. L'horizon A est enrichi en humus.

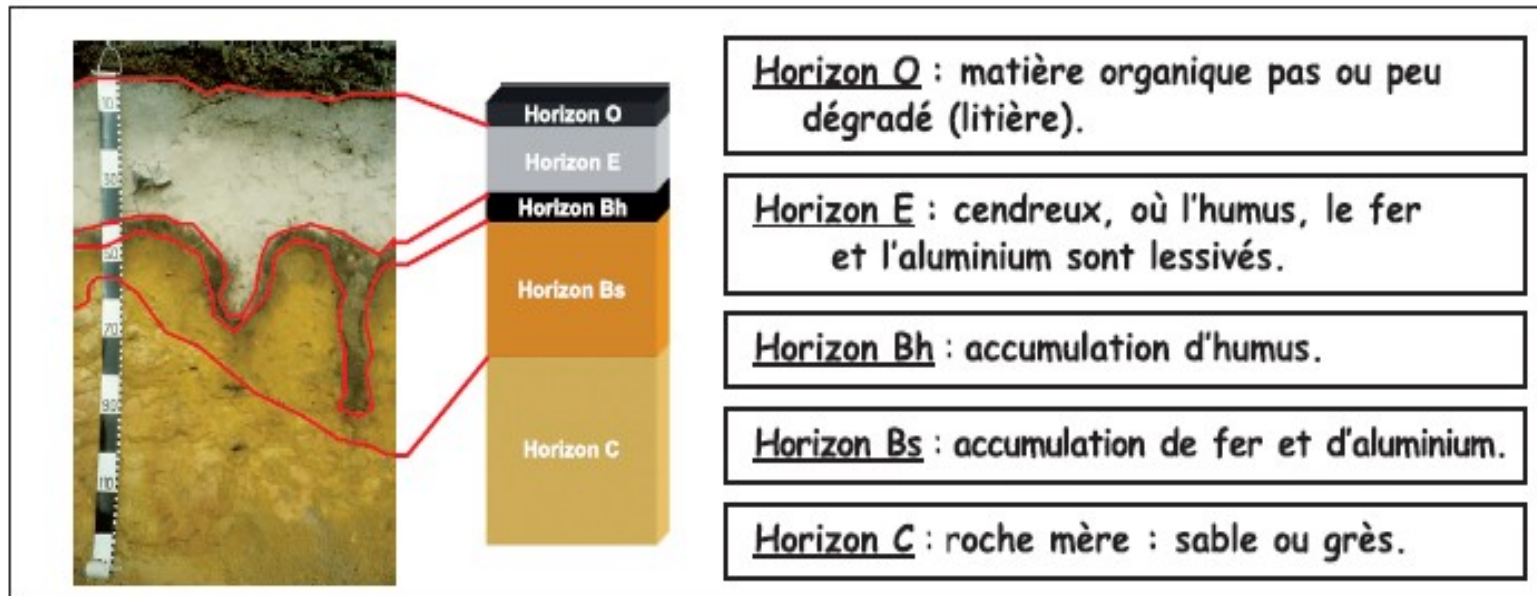
Ce sol est riche en éléments minéraux et retient beaucoup d'eau tout en étant filtrant. C'est un très bon sol agricole.



Quelques exemples de sols

Le podzol

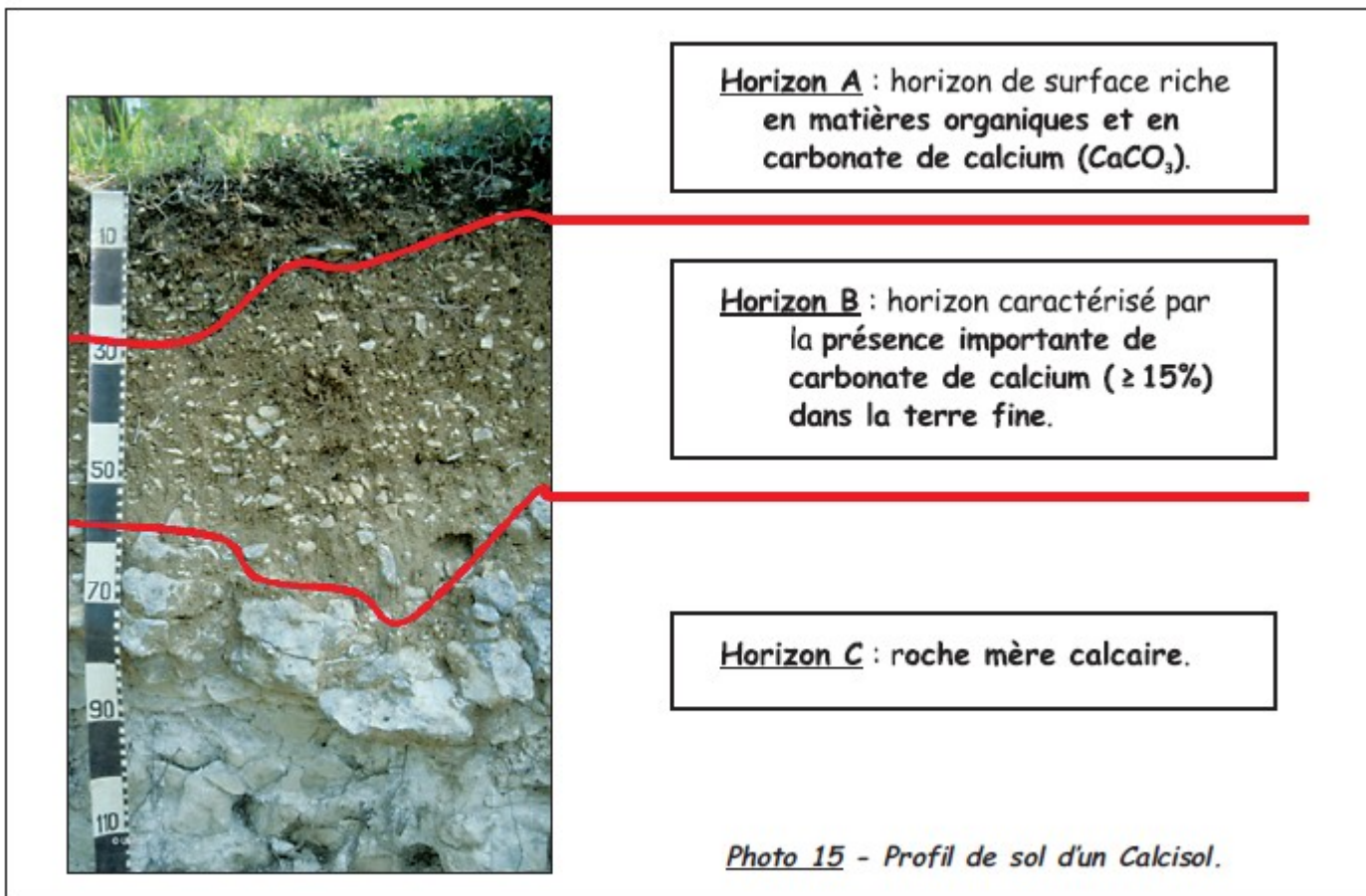
Le podzol (= cendre en russe) est un sol fortement lessivé qui se développe généralement sur des sables ou des grès sableux. Il est très acide, pauvre en éléments minéraux et ne convient pas à l'agriculture. Il présente 5 horizons typiques.



Quelques exemples de sols

Les sols calcaires (Calcisols)

Les sols calcaires sont caractérisés par la présence d'une roche calcaire dans les 100 premiers centimètres. Ils sont généralement bien drainés et également fertiles en raison de leur forte teneur en carbonate de calcium (CaCO_3). Ces sols sont aptes à la culture ou à la mise sous prairie.



Quels sont les dangers qui menacent les sols ?

L'érosion

L'érosion est le phénomène de détachement et de transport des particules du sol par divers agents, principalement l'eau et le vent. On parle alors d'érosion hydrique ou éolienne. L'érosion dans nos régions est essentiellement hydrique.

L'érosion est pourtant un processus naturel. La surface terrestre est soumise à l'action de l'eau qui a façonné notre relief au fur et à mesure des centaines et des milliers d'années.

Les quantités de terre érodées naturellement chaque année sont faibles, de l'ordre d'une centaine de kilos par hectare (100 m x 100 m). Cependant, en milieu cultivé, l'homme peut accélérer ce processus naturel s'il gère mal les sols. En effet, certaines pratiques agricoles (labour, semis dans le sens de la pente) ou d'aménagement du territoire peuvent causer des problèmes d'érosion plus importants. Le phénomène peut alors concerner des dizaines de tonnes de sol par hectare et par an.

Cependant, diverses pratiques permettent de limiter l'érosion :

Favoriser l'infiltration de l'eau par une bonne structure du sol (sol riche en matière organique).

Couvrir le sol en été mais aussi en hiver, grâce à une culture de couverture comme la moutarde.

Travailler le sol de façon superficielle.

Cultiver perpendiculairement à la pente, ...

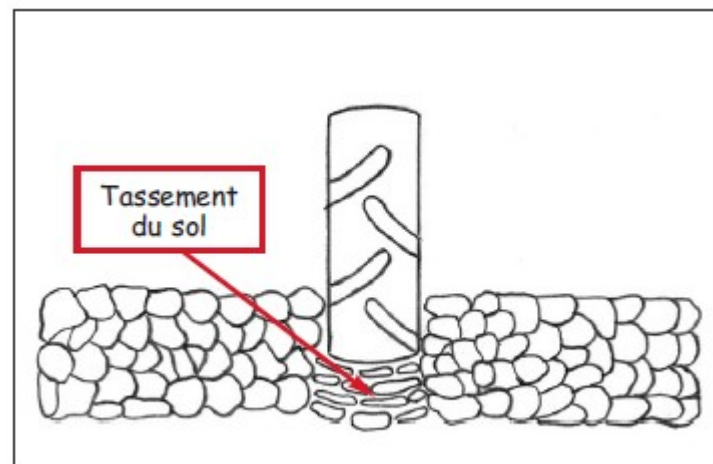


Quels sont les dangers qui menacent les sols ?

Le tassement

Le tassement est le résultat de la compression des couches de la surface du sol suite aux passages de machines agricoles ou d'outils. Certains outils agricoles comme la charrue, utilisée pour labourer le sol, peuvent également créer des zones compactes en profondeur, appelées semelles de labour. Plus un sol est humide, plus il est sensible au tassement.

Un sol tassé est plus dur et plus compact, ce qui pénalise l'enracinement et diminue les rendements, l'eau s'infiltré plus difficilement, ce qui favorise le ruissellement et l'érosion et défavorise la recharge en eau du sol, la macroporosité est détruite entraînant une diminution de l'aération du sol et par conséquent une perturbation de l'activité biologique.



Crédits

Rédaction JL Mulkens

Mise en page B Adam pour le pcdn

Photos :

Wikipédia

Prosensols.eu

Sources :

Jl Mulkens

Prosesols.eu

“Les bases de la production végétale.

Tome 1 : Le sol et son amélioration”

D. Soltner. 2005. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 472 p.

“Les bases de la production végétale. Tome 2 : Le climat”

D. Soltner. 2007. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 352 p.

“Ecologie”

Classe de seconde. Collection Désiré-Armand Colin. 1984. 208 p.

“Extraits de : Aperçu sur l'écologie du sol”

Ministère de l'Education Nationale - Centre Technique de l'Enseignement de l'Etat. 1985. 52 p.

“Les bois raméaux fragmentés - De l'arbre au sol”

Eléa Asselineau, Gilles Domenech. Editions Rouergue. 2007. 191 p.

“Waar gaat onze bodem heen?”

Brochure gemaakt binnen het Interreg IIIa – project MESAM.

LE SOL 63

“Bodem & bodemkunde voor tuin, landbouw en milieu”

W. Verheye & J.B. Ameryckx, 2007. 262 p.

“Gestion durable des sols”

Laéitia Citeau, Antonio Bispo, Marion Bardy, Dominique King. 2008.

Editions Quae. 336 p.

“Sols et Environnement. Cours et Etudes de cas”

M.C Girard, C. Walter, J. Berthelin, J.C Remy, JL Morel. 2005.

Editions Dunod. Collection Sciences Sup. 832 p.

“Introduction à la science du sol”

P. Duchaufour. 2004. Editions Dunod. 332 p.