

**PEDOLOGIE (2020/2021)**  
(Enseignant : Professeur MARMI Ramdane)  
**Chapitre1 : Définitions et notions de pédologie**

**Suite du cours : Séances du mois de janvier 2021**

Plan

- Texture des sols
- Types de structures des sols
- Composition du sol
- Organisation morphologique des sols
- Couverture pédologique
- Eléments constitutifs du sol
- Définition des grandes classes granulométriques et exemple de courbe granulométrique
- Classification des sols

**3. Texture du sol**

Les particules dont le diamètre supérieur à deux micromètres (les graviers et cailloux, les sables, les limons) constituent le squelette du sol (élément sableux). Cette fraction est sans intérêt immédiat pour les plantes, mais est primordiale pour la porosité. Elle finira par se transformer en fraction fine par altération. Les particules dont le diamètre inférieur à 2 µm (argile et oxyde de fer et d'alumine) sont biologiquement et chimiquement actives. Elles constituent les colloïdes minéraux du sol.

La texture est déterminée par la taille des particules de sol et leur quantité respective. Il existe trois catégories de particules : sable, limon et argile (communément appelée glaise). On les distingue par leur taille.

Entre 50µm et 2000µm on a les sables (sable fins de 50 à 200 µm et sables grossiers de 200 à 2000 µm) ; les limons de 2µm à 50µm (limons fins de 2 à 20 µm puis grossiers de 20 à 50 µm) ; les argiles qui sont de taille inférieure à 2µm. Ici, on parle d'argiles au sens de la taille, pas au niveau minéralogique.

Particules	Diamètre
Sable	0,05 mm à 2 mm (50 µ à 2 mm)
Limon	0,002 mm à 0,05 mm (2 à 50 µ)
Argile	0,002 mm et moins (< 2µ)
sol lourd	= sol argileux
sol corrosif	= sol sableux
sol léger	= sol tourbeux

Le loam est une classe texturale composée de moins de 52 % de sable, 28 à 50 % de limon et de 7 à 27 % d'argile. Selon les proportions, on parlera de loam sablonneux, limoneux ou argileux (fig. 1).

La texture est définie par les proportions relatives (%) de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine du sol. Elle peut être appréciée au toucher sur terrain ou déterminée au laboratoire (analyse granulométrique) où l'échantillon de sol subit divers traitements : - Tamisage afin d'éliminer le squelette (fractions > 2 mm), - Destruction de la matière organique, - Destruction du calcaire, - Dispersion et agitation afin de démonter les agrégats, - Sédimentation différentielle et séparation des différentes fractions, - Dessiccation, tamisage et pesée des différentes fractions.

En **génie civil**, on reconnaît quatre calibres de particules (Tab. 1):

- Les **cailloux**: particules de diamètre supérieur à 75 mm
- Le **gravier**: particules dont la taille est comprise entre 4,75 et 75 mm
- Le **sable**: particules dont la taille est comprise entre 0,075 et 4,75 mm
- Les **fins** : particules d'un calibre inférieur à 0,075 mm (limon et argile)

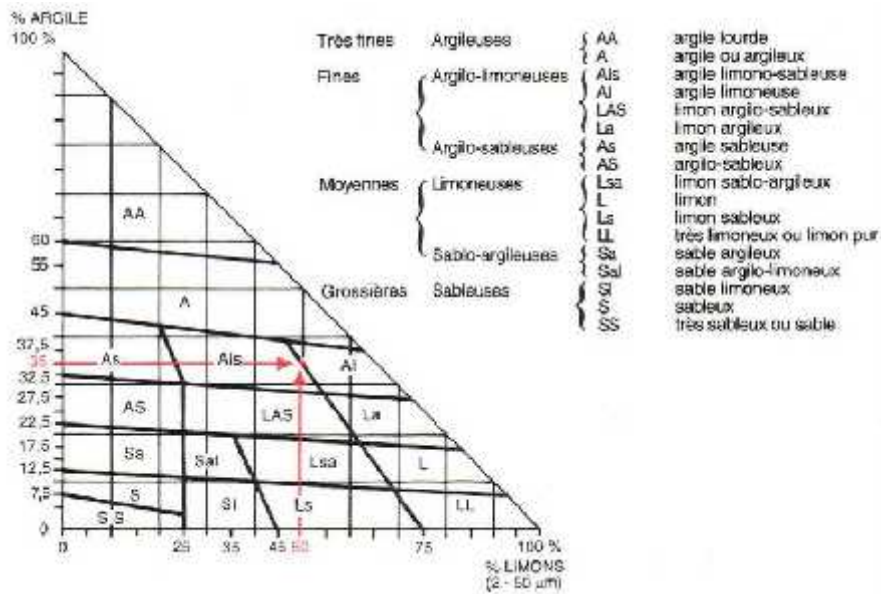


Fig. 1. Diagramme des textures du GEPPA (1963). Les 17 appellations de texture peuvent être regroupées en 6 ou 4 classes. A noter qu'il en circule plusieurs versions légèrement différentes

Les classes de texture peuvent être délimitées graphiquement dans un triangle dont chaque côté soutient une échelle graduée (argile, limon ou sable) (Fig. 2).

La texture est directement liée à la notion de composition granulométrique, qui peut être exprimée en utilisant un diagramme triangulaire (figures 1 et 2).

Quel qu'en soit le modèle, celui-ci est divisé en classes texturales, lesquelles s'efforcent de relier une composition granulométrique à des comportements au champ spécifiques correspondant à des notions courantes telles que « argileux », « collant », « battant », « glaiseux », « sableux », etc.

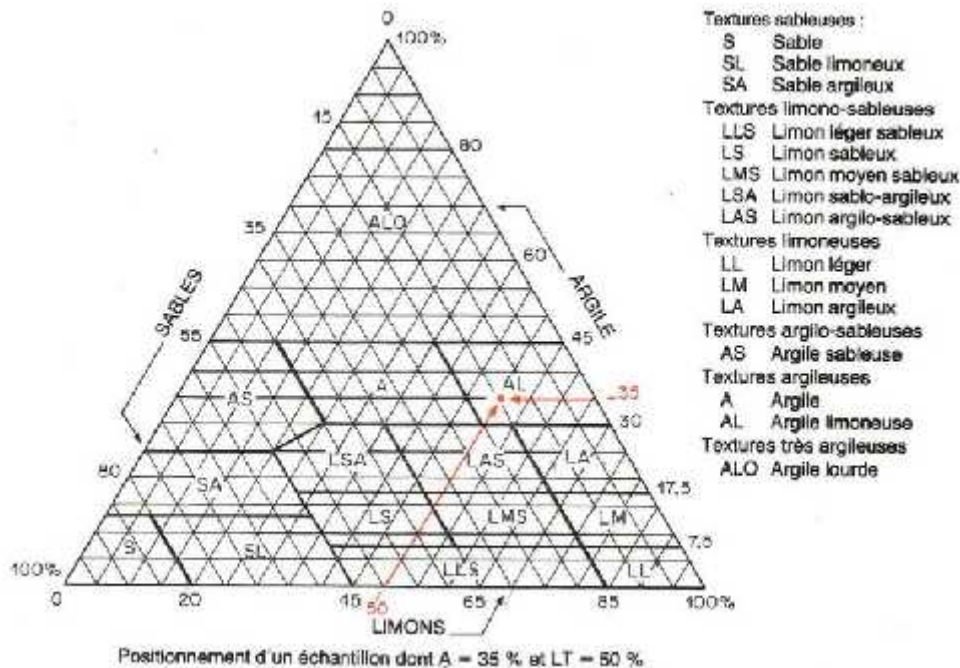


Fig. 2. Diagramme de classification détaillée des textures du service de la carte des sols de l'Aisne (Jamagne, 1967, modifié depuis). À l'origine, LS et LMS n'étaient pas distingués.

Dans ce sens, la texture est une expression synthétique de la composition granulométrique, sous la forme d'un adjectif (ex. : limono-argileux) ou d'un substantif (ex. : limon argileux).

Tab. 1. Modèle de fiche d'analyse mécanique du sol

Prospection N° .....			Terrain N° .....			Laboratoire N° .....		
Lieu .....								
Type de sol .....						Profondeur .....		
ANALYSE MÉCANIQUE								
CLASSIFICATION USDA					CLASSIFICATION INTERNATIONALE			
Diamètre (mm)	Appellations agréées	=	Pourcentage	Fracton	Diamètre (mm)	=	Pourcentage	
2-1	Sable très grossier	=		I	2,0-0,2	=		
1-0,5	Sable grossier	=		II	0,2-0,02	=		
0,5-0,25	Sable moyen	=		III	0,02-0,002	=		
0,25-0,1	Sable fin	=		IV	moins de 0,002	=		
0,1-0,05	Sable très fin	=		TOTAL (calculé à partir d'un échantillon dépourvu de matière organique et séché au four)				
0,05-0,002	Limon (silt)	=						
moins de 0,002	Argile	=						
TOTAL (calculé à partir d'un échantillon dépourvu de matière organique et séché au four)								
AUTRES CLASSES								
Moins de 0,005 mm			=		Remarques:			
Plus de 2,0 mm			=					
Carbone organique			=		Date du rapport: .....			
pH			=		LABORATOIRE D'ANALYSE MÉCANIQUE			

#### 4. Types de structures des sols

##### 4.1. structure particulière

C'est une coexistence de grains sans relation entre eux, par exemple lorsque la texture est très sableuse, avec peu de matière organique, des grains non soudés. Cette « non structure » est habituellement assez fragile mais perméable aux fluides du sol.

##### 4.2. structure grumeleuse

C'est une structure constituée d'agrégats arrondis, poreux. Elle est assez caractéristique des horizons superficiels et organiques, sous végétation de graminées (plantes à fleurs minuscules groupées en épis, à tige creuse). Cette structure facilite les échanges d'eau et d'air, elle est très favorable au développement du système racinaire des plantes et à l'activité des micro-organismes aérobies.

##### 4.3. structure polyédrique

Les agrégats ont des surfaces planes séparées par des arêtes assez vives. On la rencontre souvent dans des horizons argileux francs. La taille des agrégats est variable (st. polyédrique fine ou st. polyédrique grossière). La perméabilité est plus importante lorsque la structure est fine, nettement moins bonne lorsqu'elle est grossière. Parfois, la structure polyédrique est incluse, comme sous structure, dans une structure prismatique.

##### 4.4. structure prismatique

Les agrégats prismatiques, souvent de grande taille si on les compare aux agrégats grumeleux, sont constitués d'ensembles aux surfaces sommairement planes verticales, séparées par des arêtes moyennement marquées. Ils sont étirés dans le sens de la hauteur. Cette structure est plus fréquente dans les horizons d'accumulation d'argile.

##### 4.5. structure colonnaire

Elle ressemble à la structure prismatique, mais le sommet des agrégats est arrondi. Cette structure est assez caractéristique des sols de type solonetz et surtout de leur horizon type, l'horizon colonnaire blanchi. Ces sols posent de nombreux problèmes de mise en valeur ou

même de maintien de la fertilité. Cette structure colonnaire est souvent indicatrice de ces sols à problème.

#### 4.6. structure cubique

Les agrégats, souvent couverts de revêtements argileux, sont délimités par des surfaces planes, mais sans allongement selon une direction privilégiée de l'espace. Habituellement ce mode d'agencement des agrégats est extrêmement jointif ce qui ne laisse aucune place pour la porosité structurale. La perméabilité aux fluides y est réduite. On rencontre cette structure dans des horizons argileux plus ou moins sodiques.

#### 4.7. structure lamellaire

Il s'agit d'une structure très orientée horizontalement du fait d'une redistribution des matériaux après désagrégation, par exemple sous l'effet d'une pluie ou d'une irrigation violente. Les agrégats sont sous forme de couches horizontales assez continues. Cette structure s'oppose évidemment aux échanges d'eau et d'air entre le sol et la surface. Elle est assez défavorable aussi à la germination des graines qui peuvent être emprisonnées dans de telles couches, mais aussi à la croissance du pivot des jeunes plantules.

#### 4.8. structure schisteuse

Il s'agit d'une structure horizontale, comme pour la structure laminaire, mais de faible extension latérale. Cette structure est héritée des débris de roche mère schisteuse non ou peu altérée. Elle est moins opposée aux transferts d'eau et de gaz.

Les structures **pédologiques**, comme les agrégats, sont un type d'agencement des particules entre elles. Il existe des structures pédologiques construites ou mécaniques (Fig. 3).

- ❖ Structures **construites**, par l'agglomération de particules élémentaires initialement individualisées : c'est le cas des structures grumeleuses présentes dans les horizons avec matière organique et forte activité biologique – par exemple les sous prairies ou couverts végétaux.
- ❖ Structures **mécaniques**, dont la géométrie joue un rôle fondamental, et varie suivant l'état d'hydratation et les assemblages plasma-argileux. C'est notamment le cas des structures prismatiques et polyédriques.

Il existe aussi d'autres structures, dites **apédiques**, c'est-à-dire sans agrégats de sol.

- ❖ Les structures **particulaires**, qui sont des particules de sol sans cohésion entre elles, tels que des sables, graviers, etc
- ❖ Les structures **massives** ou **continues**, où la cohésion entre particules est très forte. Aucun agrégat n'apparaît, ils sont dits fondus. La fragmentation ne peut apparaître que par choc ou brisure.

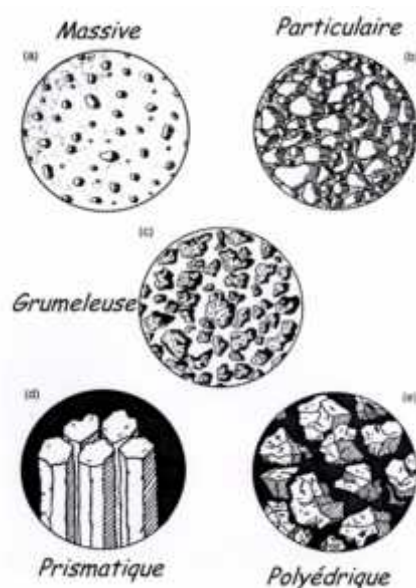


Fig. 3- Structures des sols

## 5. Le Sol composante majeure de la Biosphère terrestre

L'épiderme de la Terre constitue un milieu unique en son genre dans tout l'Univers. Les conditions qui y règnent (faible pression atmosphérique, température moyenne : 10-5°C) provoquent en effet sur les terres émergées la transformation superficielle des roches de la lithosphère et conduisent à l'individualisation d'une mince pellicule ameublie le sol, favorable à la biosynthèse organique et au développement de la vie. Le sol apparaît donc bien sur la Planète comme le point de contact privilégié entre la matière inerte et la matière vivante (c'est ainsi qu'on estime que plus de 50% de la masse végétale, 90% des microorganismes et 50% de la biomasse animale sont localisés dans le sol).

Dans le sol, on trouvera des phases solides, liquides et gazeuses (fig. 3).

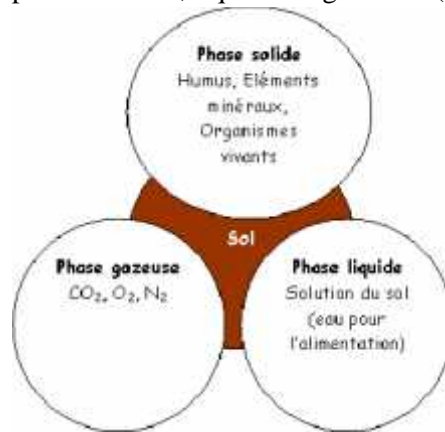


Fig. 4. Les phases associées au sol

## 6. La composition d'un sol

On retrouve quatre composantes dans un sol: l'eau, l'air, les minéraux et la matière organique. C'est la proportion et l'organisation de ces différentes composantes qui déterminent les propriétés du sol et l'usage que l'on peut en faire.

La teneur en eau d'un sol déterminera sa capacité à retenir l'eau. On parlera alors d'un sol plus ou moins drainé ou ayant une forte ou une faible rétention d'eau. L'eau peut se retrouver dans le sol sous forme solide (glace) ou sous forme liquide.

La teneur en air d'un sol détermine son niveau d'aération. Un sol peu compacté est plus propice à laisser entrer l'air qu'un sol écrasé. Ainsi, l'air sera plus ou moins présent.

Les matières organiques peuvent être diverses. On peut retrouver des organismes vivants: racines végétales, insectes, mammifères fouisseurs, etc. Il peut aussi s'agir de débris d'origine végétale ou animale: branches d'arbres morts, excréments, cadavres d'animaux, etc.

La portion minérale du sol provient de la dégradation de la roche-mère.

## 7. Organisation morphologique du sol

### 7.1. Organisation élémentaire

Le sol est un milieu structuré à différentes échelles de fonctionnement. Sur le terrain, on distingue plusieurs niveaux d'organisation. Le plus fin est l'agrégat (une association de particules minérales et organiques), de quelques mm à quelques dm. Ces agrégats s'associent pour former des mottes puis des couches plus ou moins parallèles à la surface, d'épaisseurs variables. Ces couches constituent les différents horizons d'un sol. Le niveau d'organisation supérieur est le profil pédologique, une superposition des différents horizons du sol. Selon Camuzard (2006), les différents niveaux d'organisation du sol sont :

- celle des particules minérales ou organiques (minéraux argileux, oxy-hydroxydes, édifices organiques) qui définit le plasma argileux,
- celle de l'assemblage lacunaire squelette-plasma à géométrie variable observable en lame mince au microscope (analyse micro-morphologique),

- celle de l'organisation en agglomérats ou agrégats, des vides, des concentrations, regroupés sous le terme d'organisations élémentaires. L'arrangement de ces organisations élémentaires définit la structure du sol,
- celle des assemblages définis comme l'ensemble des relations qui existent entre les organisations élémentaires,
- celle du solum d'organisation d'horizons distincts par leur nature physico-chimique et biologiques,
- et celle de la distribution des sols dans le paysage, la couverture pédologique. La structure du sol La structure du sol est le mode d'arrangement des particules minérales du sol en agrégats sous l'effet de liaisons par des colloïdes minéraux et organiques du sol. Elle peut être particulière, comme pour le sable meuble ; fragmentaire ou grumeleuse (cas le plus courant ; exemple structure grumeleuse); ou massive (ou continue) comme le limon battant et les argiles. Décrire la structure d'un horizon, c'est noter la présence ou non d'agrégats, leur forme, leurs dimensions et leur netteté. Elle est caractérisée par des données mesurables, tels que la porosité, la perméabilité et la rétention en eau.

## 7.2. Profil de sol et horizons

### - Profil de sol

Sur une coupe verticale, on observe que le sol est généralement constitué de plusieurs couches horizontales superposées appelées pour cela « horizons ». Ceux-ci se différencient par de nombreux caractères: épaisseur, couleur, teneurs en sables, limons et argile, composition chimique, colonisation par les racines, etc. L'ensemble des horizons constitue un profil de sol. Celui-ci s'étend vers le bas jusqu'à la roche sous-jacente, la roche-mère (matériau parental) si elle est bien à l'origine du sol qui la surmonte. Il existe différents types de profils définissant des types de sols.

En effet, la formation et l'évolution des horizons sous l'influence des facteurs écologiques conduisent à la différenciation de couches de natures différentes plus ou moins parallèlement à la surface (d'autant plus distinctes que le sol est évolué).

### - Horizons pédologiques (Fig. 5)

Les horizons humifères sont les horizons les plus riches en êtres vivants.

- Horizon O, comprenant la litière et les matières organiques en cours de transformation. Si la terre est assez riche et exploitable, on parle de terre arable.
  - OL - litière. La litière comprend l'ensemble des débris bruts (restes de bois, de feuilles et de fleurs fanées).
  - OF - horizon de fragmentation (parfois appelé à tort horizon de fermentation). La température et l'humidité y sont optimales, en raison de l'isolation fournie par la litière.
  - OH - horizon humifié. Cet horizon est composé quasi exclusivement de matière organique morte transformée par les organismes du sol.

- Horizon A - horizon mixte. Composé d'éléments minéraux et d'humus. Sa structure dépend de l'incorporation plus ou moins rapide de l'humus.

Les horizons minéraux sont les moins riches en organismes vivants.

- Horizon E - horizon lessivé. Il est drainé par l'eau qui s'infiltré, ce qui le rend pauvre en ions, en argiles, en composés humiques et en hydroxydes de fer et d'aluminium.
- Horizon B - horizon d'accumulation. Horizon intermédiaire apparaissant dans les sols lessivés. Il est riche en éléments fins ou amorphes (argiles, hydroxydes de fer et d'aluminium, humus), arrêtant leur descente à son niveau lorsqu'ils rencontrent un obstacle mécanique (frein à la diffusion) ou une modification de l'équilibre électrostatique.
- Horizon S - horizon d'altération. Il est le siège de processus physico-chimiques et biochimiques aboutissant à la destruction des minéraux du sol (altération minérale)
- Horizon C - roche-mère peu altérée.
- Horizon R - roche-mère non altérée. Couche géologique à partir de laquelle se sont formés les sols.

## Qu'est-ce qu'un sol?

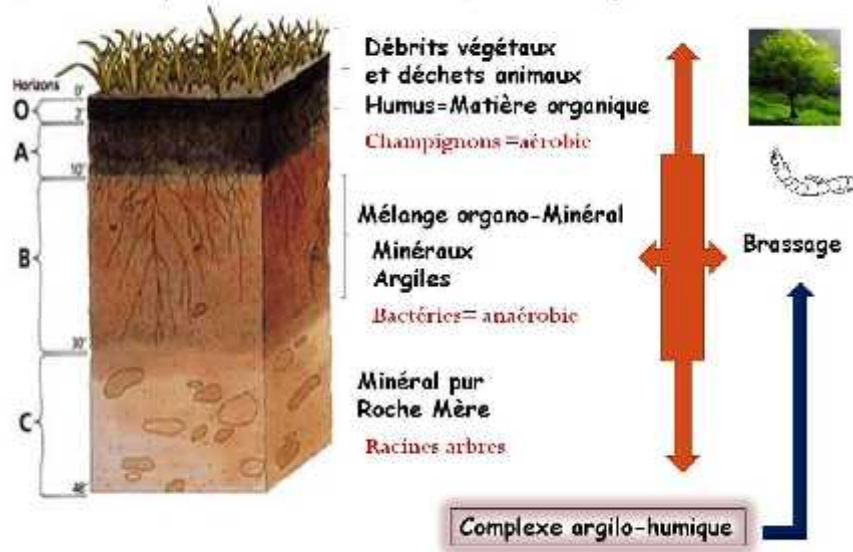


Fig. 5- représentant un profil d'un sol

## 8. La couverture pédologique

La couverture pédologique est l'ensemble des sols qui recouvrent le globe terrestre. Elle est en continuelle évolution, et se développe à la fois à partir de la roche mère profonde et à partir de la matière organique de surface. Pour déterminer et classer les différents types de sol qui la constituent, il faut procéder à des sondages et à description de profils pédologiques. Les caractéristiques physico-chimiques et biologiques sont déterminées au laboratoire sur les échantillons de sol prélevés sur terrain.

La couverture pédologique est un milieu structuré, en perpétuelle évolution. Pour saisir cette organisation, l'emplacement des fosses à ouvrir pour étudier les sols doit se faire le long d'axes perpendiculaires aux courbes de niveau (c'est là où l'on peut saisir, sur une distance minimale, les éventuelles variations latérales de structures).

Une fois ces axes (ou « topo-séquences ») choisis (pour un bassin versant, un axe en position amont et un axe en position aval par exemple), on décide pour chaque topo-séquence d'ouvrir des fosses sur les parois desquelles on pourra faire des observations sur la morphologie de la couverture pédologique. Le nombre de fosses sera fonction de la longueur des topo-séquences ; il sera au minimum de trois (une en position amont, une en position aval, et une au milieu).

## 9. Eléments constitutifs du sol

Le sol est constitué d'une fraction solide (composée de matières minérales et de matières organiques, cette fraction est insoluble dans l'eau), d'une fraction fluide (solution du sol contenant les éléments minéraux sous forme d'ions ou de molécules), et d'une fraction gazeuse (appelée atmosphère du sol, porosité, aération...). En moyenne, la phase solide (constituée à de plus de 95 % par la fraction minérale) occupe 40 % (sol très fragmenté) à 70 % (sol très compacté) du volume du sol, le reste correspondant à la phase fluide (liquide et gazeuse). Les proportions des phases gazeuse et liquide dépendent de l'hydratation du sol. La fraction minérale solide représente 93 à 95 % du poids total du sol.

### 9.1. Constituants minéraux

La fraction minérale représente l'ensemble des produits de l'altération physicochimique de la roche mère. Elle est composée d'une fraction grossière (éléments grossiers) et d'une fraction fine (terre fine).

Les argiles jouent un rôle important et spécifique dans les sols. Les minéraux argileux (phyllo-silicates) constituent des liaisons fortes avec l'humus, argiles et humus présentent quelques similitudes en termes d'échange de cations avec la solution du sol. De même, les minéraux argileux peuvent fixer les composés organiques xénobiotiques (pesticides, herbicides ainsi que certains de leurs produits de dégradation). Les argiles sont donc chimiquement très réactives tant du point de vue de la chimie minérale que de la chimie organique.

La plupart des minéraux argileux se caractérisent par un déficit de charges positives dans leur cristal. Pour compenser ce déficit, des cations de la solution du sol sont adsorbés. Ces cations peuvent à leur tour être échangés contre d'autres cations lorsque la composition de la solution du sol change. L'humus peut aussi échanger des cations. Cet ensemble de cations échangeables constitue la Capacité d'Echange Cationique (on utilise couramment l'acronyme CEC) qui se mesure en laboratoire. Cette CEC constitue un réservoir d'éléments facilement accessible pour l'alimentation des plantes. Les échanges avec la solution du sol sont réputés très rapides.

#### **Exemple de minéraux d'Aluminium associés aux bauxites)**

La bauxite se forme par altération continentale en climat chaud et humide. De structure variée, elle contient dans des proportions variables des hydrates d'alumine, de la kaolinite, de la silice et des oxydes de fer qui lui confèrent souvent une coloration rouge. Ses minéraux spécifiques sont les hydrates d'alumine comme les polymorphes de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (bayérite et gibbsite, monocliniques) et ceux de  $\text{AlO}(\text{OH})$  (diaspore et boehmite, orthorhombiques)

On distingue deux types de bauxite : la bauxite de karst et la bauxite latéritique. Elles sont constituées de minéraux de la famille des hydroxydes et oxydes d'aluminium, des hydroxydes et des oxydes de fer, des minéraux de titane, des minéraux argileux.

Les hydroxydes et les oxydes de fer les plus fréquents sont :

- la goethite :  $-\text{FeO}(\text{OH})$  et la *lépidocrocite*,  $-\text{FeO}(\text{OH})$  (orthorhombiques) ;
- l'hématite :  $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

On trouve également la magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) et la maghémite ( $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

#### **Exemples de minéraux de fer associés aux latérites**

La **latérite** (du latin *later*, brique) est une roche rouge ou brune, qui se forme par altération des roches sous les climats tropicaux. Le sens large désigne l'ensemble des matériaux, meubles ou indurés, riches en hydroxydes de fer ou en hydroxyde d'aluminium. Les latérites, de couleur rouille, sont composées majoritairement de kaolinite et d'oxyde de fer (goethite et hématite) qui peuvent s'éclaircir ou s'assombrir suivant le milieu. L'altération des roches à l'origine des sols latéritiques donne lieu à la création de complexes d'altération de deux formes :

- les phyllosilicates : les argiles (les types d'argiles formées dépendent du taux de lessivage subi par la roche) (fig. 6),
- les hydroxydes de fer (limonite, goethite...) et d'aluminium (gibbsite...).

### 9.2. Constituants organiques

La matière organique du sol peut être définie comme une matière carbonée provenant de la décomposition et du métabolisme d'êtres vivants végétaux, animaux et microbiens (fongiques, bactériens). Elle se répartit en quatre groupes : - la matière organique vivante, animale (faune du sol), végétale (organes souterrains des plantes) et microbienne (bactéries, champignons,



algues du sol), qui englobe la totalité de la biomasse en activité, - les débris d'origine végétale (résidus végétaux ou litière, exsudats racinaires), animale (déjections, cadavres) et microbienne (cadavres, parois cellulaires, exsudats) appelés matière organique fraîche, - des composés organiques intermédiaires ou en cours de décomposition, appelés matière organique transitoire (évolution de la matière organique fraîche), - des composés organiques stabilisés, les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes.

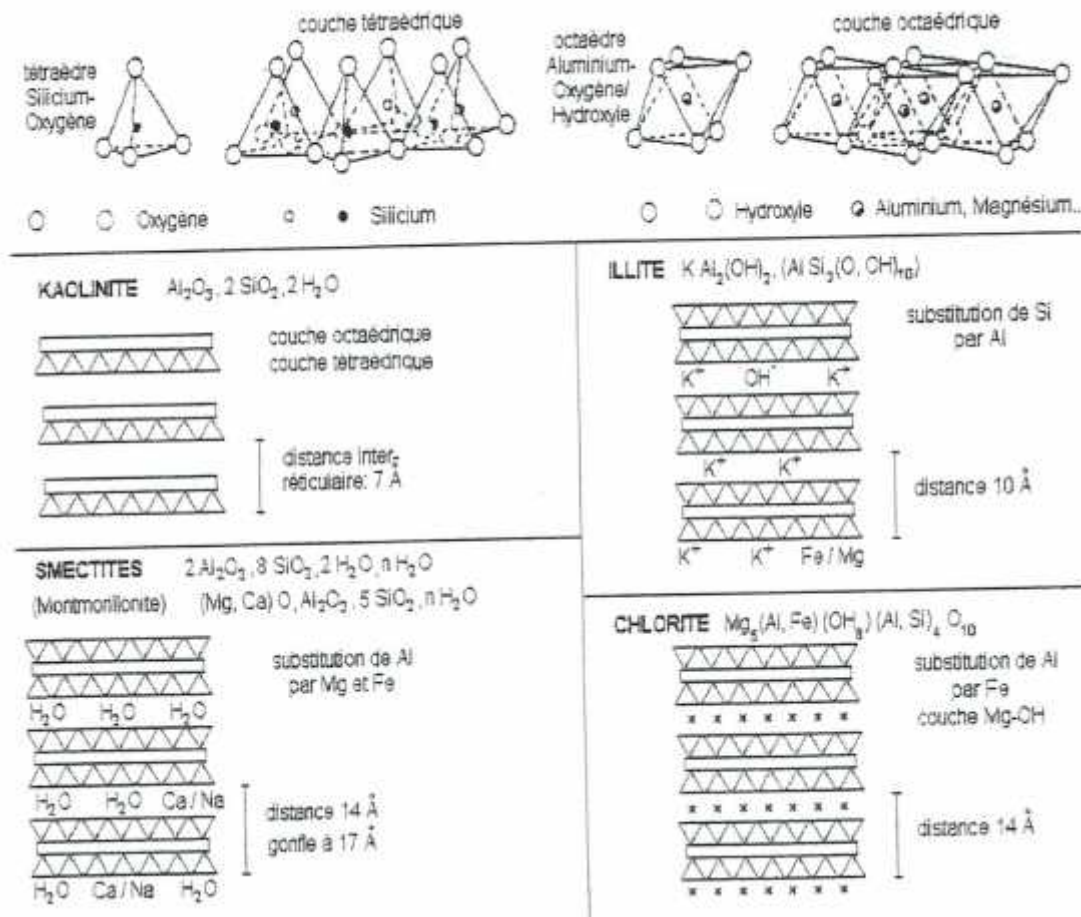


Fig.6 - Structure des phyllosilicates des argiles

### 9.3. La matière organique

La matière organique est composée de matière morte mais aussi de matière vivante comme les bactéries, les champignons et toute la pédofaune.

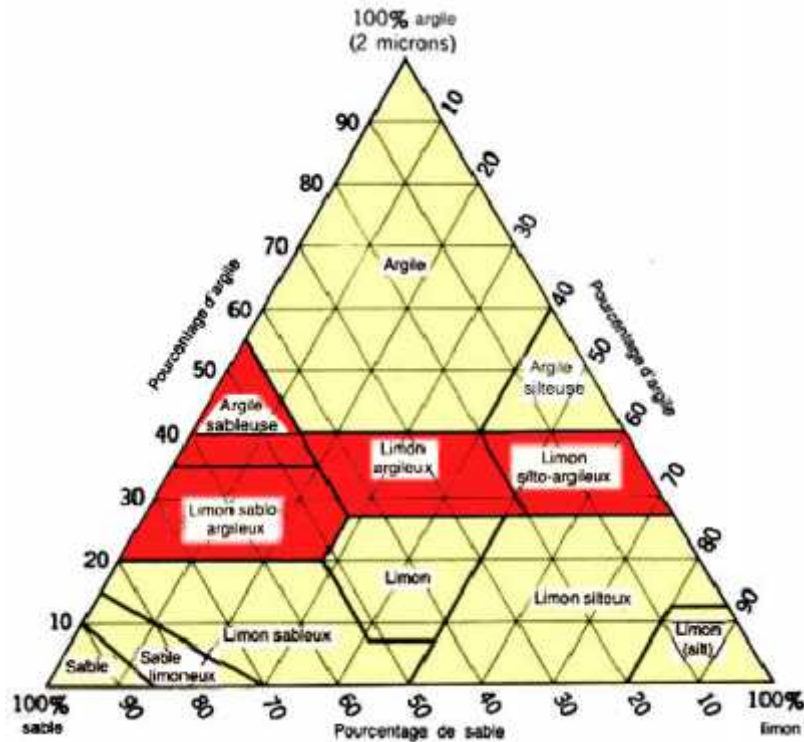
La matière organique retrouvée dans les sols provient des végétaux, de la matière synthétisée par photosynthèse (la synthèse primaire) et forme de la matière fraîche. Une grande partie de cette matière arrive au sol et se décompose puis se minéralise.

Pour la minéralisation, il va y avoir intervention de mycètes<sup>1</sup>, de bactéries.

<sup>1</sup>Le **mycète** est un champignon du règne des Fungi, Mycètes ou Mycota. Cet organisme eucaryote **chimiohétérotrophe** (organisme qui puise son énergie de l'oxydation de composés organiques) est capable d'absorber les éléments nutritifs sans être chlorophyllien. Ils ne peuvent pas fabriquer leur propre nourriture comme les plantes. Ce sont des **hétérotrophes** (se nourrissent de substances organiques, ne peuvent effectuer eux-mêmes la synthèse de ses éléments constitutants ; contraire : autotrophes) qui dépendent d'autres organismes pour leur source de carbone.

La partie non minéralisée subira l'humification : formation de l'humus (Terre provenant de la décomposition des végétaux) par processus physico-chimiques. L'humus stable est non labile (non changeant), ne bougeant pas facilement. Il est constitué de très grosses molécules venant d'une polymérisation des déchets de la décomposition de la cellulose, de la lignine...

(biomolécule, c'est un des principaux composants du bois avec la cellulose et l'hémicellulose)  
 L'humification est accompagnée de la fixation d'azote (+ oxydation de la lignine).



**Fig. 7-** Diagramme triangulaire des classes texturales de sol d'après les dimensions des particules USDA (Département de l'agriculture des Etats-Unis (USDA))

Les tailles USC [Système unifié de classification des sols (Unified Soil Classification - USC)] des particules correspondent aux tamis américains normalisés, soit: trois pouces (76,2 mm), N° 4 (4,76 mm) et N° 200 (0,075 mm) respectivement, comme indiqué ci-dessus (cf, Tab.1).

**10. Définition des grandes classes granulométriques et exemple de courbe granulométrique (fig. 6.)**

La majorité des conventions utilisent les limites hautes de 2 microns pour les argiles (apparition des propriétés colloïdales) et de 50 ou 63 microns pour les limons [Richer de Forges2008].

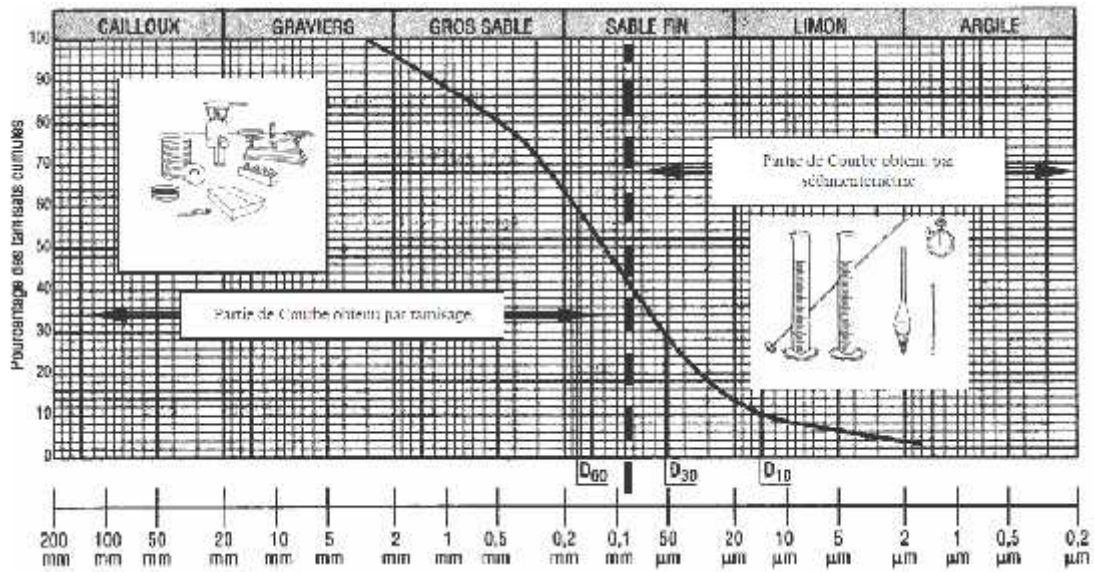


Fig. 8a. Courbe granulométrique

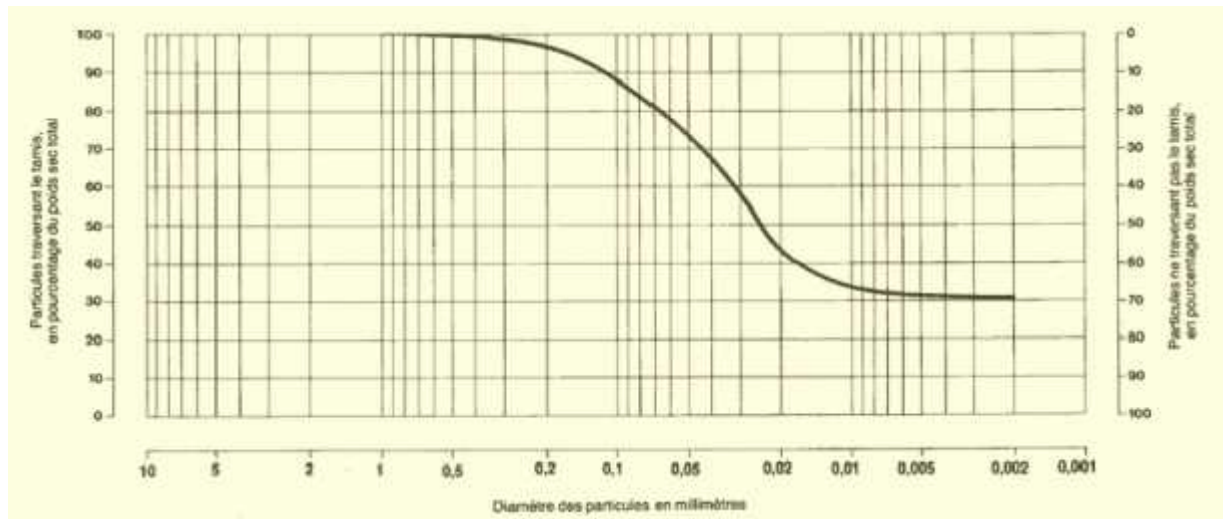
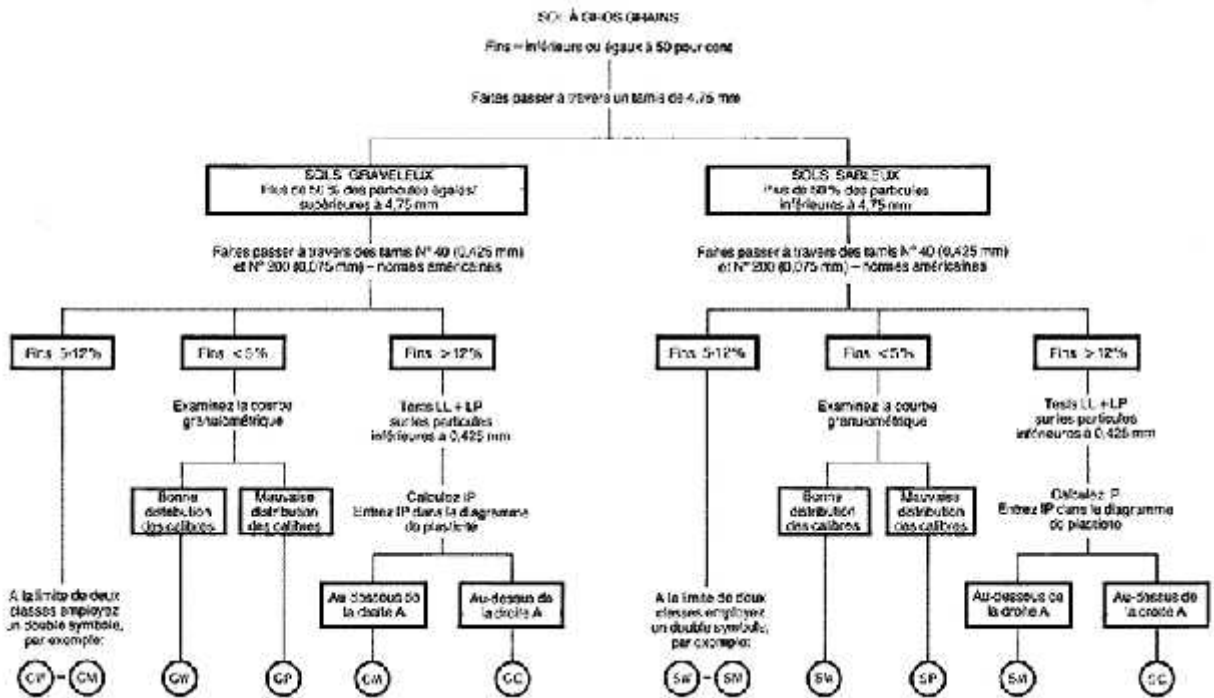


Fig. 8b. Courbe granulométrique typique établie par un laboratoire d'analyse des sols

L'application de ces seuils permet de différencier les sols et d'aider à la compréhension de leurs propriétés physiques. En particulier, la connaissance de la fraction d'argile est primordiale car ces petites particules ont des propriétés les aidant à retenir l'eau, gonfler et se rétracter (phénomène de retrait-gonflement, source de danger pour les fondations des ouvrages). Il est généralement considéré qu'un horizon de sol présente un comportement globalement argileux au-delà de 30% d'argile. Ainsi, plusieurs systèmes de classification, ou échelles granulométriques, sont utilisés dans le monde. Ils sont représentés par des diagrammes ternaires, chacun étant adapté pour le contexte pédologique dans lequel il a été développé. La plupart des limites ont été définies par un petit nombre de pourcentages constants en Sables S, Limons L et Argiles A (lignes droites et parallèles aux côtés du triangle). Plusieurs triangles sont utilisés en France (GEPPA, Aisne ou Jamagne), bien que le triangle de référence dans le monde soit celui élaboré par l'United States Department of Agriculture (USDA, 12 classes, cf. Fig. 6).

## 11. Classification des sols (fig. 9 et 11)

Il existe plusieurs systèmes de classification des sols qui se fondent généralement sur la taille des particules ou sur quelques autres propriétés comme la plasticité et la compressibilité.



**Fig. 9 -** Système unifié de classification des sols (définition des principaux groupes de sols à gros grains)

<i>Symbole des groupes de sols USC</i>	<i>Appellations caractéristiques des sols</i>
<b>Sols à gros grains</b>	
GW	Gravier bien calibré, mélanges de gravier et de sable, peu ou pas de fins
GP	Gravier mal calibré, mélanges de gravier et de sable, peu ou pas de fins
GM	Gravier silteux, mélanges de gravier, de sable et de limon (silt)
GC	Gravier argileux, mélanges de gravier, de sable et de limon (silt)
SW	Sable bien calibré, sables graveleux, peu ou pas de fins
SP	Sables mal calibrés, sables graveleux, peu ou pas de fins
SM	Sables silteux, mélanges de sable et de limon (silt)
SC	Sables argileux, mélanges de sable et d'argile
<b>Sols à grains fins</b>	
ML	Limons (silts) inorganiques et sables très fins, farine de roche, sables fins silteux ou argileux fins, ou limons (silts) argileux légèrement plastiques
CL	Argiles inorganiques de faible à moyenne plasticité, argiles graveleuses, argiles sableuses, argiles silteuses, argiles maigres
OL	Limons (silts) organiques et argiles silteuses organiques, peu plastiques
MH	Limons (silts) inorganiques, sols silteux ou sables fins à micas ou à diatomées, limons (silts) élastiques
CH	Argiles inorganiques fortement plastiques, argiles grasses
OH	Argiles organiques de moyenne à forte plasticité, limons (silts) organiques
<b>Sols fortement organiques</b>	
Pt	Tourbe et autres sols fortement organiques

**Fig. 10** - Appellations caractéristiques et symboles des groupes de sols du Système unifié de classification des sols

La classification des sols à partir des caractéristiques granulométriques est couramment utilisée, particulièrement dans le cas de descriptions préliminaires ou générales. Mais tout système qui ne se fonde que sur la taille des particules peut être une cause d'erreur car les propriétés physiques des fractions les plus fines du sol ne dépendent pas seulement de la taille des particules, mais aussi de nombreux autres facteurs. Cette constatation a conduit à l'élaboration d'un Système unifié de classification des sols (Unified Soil Classification - USC) qui est actuellement considéré pour le génie civil comme le système de classification le plus utile. Le Système unifié de classification des sols permet une classification fiable, ne nécessitant qu'un petit nombre de tests de laboratoire peu coûteux.

### *Références bibliographiques*

Baize D. et Girard M.C., 2009. Référentiel pédologique 2008. Association française pour l'étude du sol, 435 p, Editions Quae, France.

Baize D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). Références et stratégies d'interprétation. INRA Éditions, Paris, 410 p.

Baize D., 2000. Teneurs totales en « métaux lourds » dans les sols français. Résultats généraux du programme Aspitet. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, 39, 39-54

Baize D., 2001. Évaluer les contaminations diffuses en éléments traces dans les sols. Ves Journées GEMASCOMIFER, Blois, novembre 2001, p. 281-295.

Baize D., Courbe C., Suc O., Schwartz C., Tercé M., Bispo A., Serckemant T., Ciesielskih H., 2006b. Épandages de boues d'épurations urbaines sur des terres agricoles : impacts sur la composition en éléments en traces des sols et des grains de blé tendre. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, n°53, 35-61, <http://www.inra.fr/dpenv/pdf/BaizeC53.pdf>

Baize D., Deslais W., Bourennane H., Lestel L., 2001. Cartographie du mercure dans l'horizon de surface des sols agricoles dans le centre du Bassin parisien. Détection, localisation et origine des contaminations. *Étude et gestion des sols*, 3, p. 167-180.

Baize D., Duval O. et Richard G., 2013. Les sols et leurs structures Observations à différentes échelles. Éditions Quæ, 20p, France.

Baize D., Roddier S., 2002. Cartographie au 1/50 000e . Approche typologique d'une cartographie pédogéochimique. Exemple de l'Avallonnais, p. 123-134. In :

Baize D., Saby N., Deslais W., Bispo A., Feix I., 2006a. Analyses totales et pseudo-totales d'éléments en traces dans les sols – Principaux résultats et enseignements d'une collecte nationale. *Étude et gestion des sols*, 3 : 181-200, <http://www.gissol.fr/programme/bdetm/bdetm.php>

Baize D., Tercé M. (coord.), Les Éléments traces métalliques dans les sols – Approches fonctionnelles et spatiales. INRA Éditions, Paris. 570 p.

Bockheim J.G., Gennadiyev A.N., 2000. The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the Word Reference Base. *Geoderma*, 95, p. 53-72.

Bockheima J.G., Gennadiyev A.N., Hammer R.D., Tandarich, J.P. 2005, « Historical development of key concepts in pedology », *Geoderma*, vol. 124, n<sup>os</sup> 1-2, p. 26

Buol S. W., Francis Doan Hole, McCracken R. J. 1973, *Soil genesis and classification*, Iowa State University Press, p. 175

Calvet R. 2003, *Le sol, propriétés et fonctions*, Collection La France agricole,

Camuzard J.P., 2006. Les sols marqueurs de la dynamique des systèmes géomorphologiques continentaux, Thèse de doctorat en Sciences et techniques, Caen. <https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/LESOLUNMILIEUCOMPLEX/document>

Chenu C., 2001. Le complexe argilo-humique des sols: état des connaissances actuelles. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. 87 (3): 3-12.

Clément M., 2009, *Les principaux sols du monde*, Lavoisier, p. 12

Clément M., Lozet J., 2011, *Dictionnaire encyclopédique de science du sol*, Lavoisier, 733 p. (lire en ligne [archive])

Doucet R., 2006. Le climat et les sols agricoles. Eastman (Québec)/Montréal, Escalquens Berger, 443p.

Duchaufour Ph. 2001. Introduction à la Science du Sol. Sol, végétation, environnement. Dunod, 331 p.

Duchaufour Ph., 1960, *Précis de pédologie*, Masson, p. 173

Duchaufour, P., 1977. Pédologie : Pédogenèse et classification. Tome 1, Paris, Masson, 477 p, 92 fig.

Soltner D., 2014. Les bases de la production végétale. Tome I : le sol et son amélioration. Collection sciences et techniques agricoles. Autres

Duchaufour, P., 1977. Pédologie : Pédogenèse et classification. Tome 1, Paris, Masson, 477 p, 92 fig..

Duchaufour, P., Bonneau M. et Souchier B., 1997. Pédologie : Constituants et propriétés du sol. Tome 2 - 2ème édition.

Duchaufour, P., Bonneau M. et Souchier B., 1997. Pédologie : Constituants et propriétés du sol. Tome 2 - 2ème édition.

Gobat J.M., Aragno M. et Matthey W., 2003. Le sol vivant. 2ème édition. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 568 p.

Gobat J.M., Aragno M. et Matthey W., 2013. Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 848p.

Gobat J.-Mi. , Aragno M. et Matthey W., 2010, *Le sol vivant : Bases de pédologie - Biologie des sols*, PPUR, coll. « Ingénierie de l'environnement », 3<sup>e</sup> éd., 817 p. (ISBN 9782880747183)

INSEE et SCEES (Ministère de l'agriculture), 1983. Code et nomenclature des régions agricoles de la France au 1er janvier 1980.

Jolivet C., Arrouays D., Boulonne L., Ratié C., Saby N., 2006. Le réseau de mesures de la qualité des sols de France (RMQS). État d'avancement et premiers résultats. *Étude et gestion des sols*, 13, 3 : 149-164.

Legros J. P., 2007. *Les Grands Sols du Monde*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. 574 p.

Mathieu A., Baize D., Raoul C., Daniau C., 2008. Proposition de référentiels régionaux en éléments traces métalliques dans les sols. Leur utilisation dans les évaluations des risques sanitaires. *Environnement, risques et santé*, 7, 2, 112-122.

Medad, 2007. Note ministérielle. Sites et sols pollués. Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Lettre aux préfets du 8 février 2007 et 3 annexes, <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/Approche.htm>

Ponge J.F. et Bartoli M., 2009. L'air du sol, c'est la vie de la forêt. *La Forêt Privée - revue forestière européenne*, La Forêt Privée, 2009, pp.63-70.

www <http://acces.ens-lyon.fr/acces/terre/sol/data/STRUCTUR-CHAPITRE-1-V5.pdf>

Soltner D., 2014. Les bases de la production végétale. Tome I : le sol et son amélioration. Collection sciences et techniques agricoles. Autres

Sottiaux B., 2009. *Etude du Milieu - Eléments de Pédologie*. Cours industriels et commerciaux Couillet P, 77p

Steckemant T., Douay F., Baize D., Fourier H., Proix N., Schwartz C., 2007. Référentiel pédogéochimique du Nord-Pas-de-Calais. Méthode et principaux résultats. *Étude et gestion des sols*, 14, 2, p. 153-168

Steckemant T., Douay F., Fourier H, Proix N., 2002. Référentiel pédogéochimique du NordPas-de-Calais. Rapport final (130 p.) et annexes (306 p). INRA Arras, ISA Lille.

Tandarich John P., Darmody Robert G., Follmer Leon R. & Johnson, Donald L. 2002, « Historical Development of Soil and Weathering Profile Concepts from Europe to the United States of America », *Soil Science Society of America Journal*, vol. 66, n° 2, p. 336

www <http://acces.ens-lyon.fr/acces/terre/sol/data/STRUCTUR-CHAPITRE-1-V5.pdf> STRUCTUR-CHAP-1-V5.doc version 5 du 13 janvier 2010