

Chapitre II :

Organisation morphologique des sols

ORGANISATIONS ELEMENTAIRES

Les propriétés physiques des sols

Les propriétés physiques des sols sont liées à deux notions fondamentales : la **texture** et la **structure**. C'est essentiellement des facteurs texturaux et structuraux qui vont conditionnés les comportements de l'eau et de l'air dans le sol.

La connaissance de la texture et la structure permet de déterminer les **qualités physiques** du sol. Ils ont une influence primordiale sur le **régime hydrique** du sol. Ils jouent un rôle très important dans l'**aération** du sol et sa **porosité**.

Quelles sont les propriétés physiques d'un bon sol ?

- **La perméabilité** : le sol doit se laisser pénétrer par deux substances (l'eau et l'air) qui sont indispensables à la vie des plantes et des micro-organismes du sol.

- **La rétention d'eau** : l'eau ne doit pas seulement traverser le sol. Elle doit aussi y rester (au moins en partie) pour ravitailler la plante.

- **Le stockage d'air** : l'eau doit être stockée dans le sol mais elle ne doit pas occuper tout l'espace laissé libre (porosité), sinon l'air n'a pas de place, le sol est asphyxiant et les plantes souffrent.

- **La capacité à se réchauffer** : plus le sol se réchauffe vite plus les plantes ont un départ de végétation précoce. **Remarque** : L'air se réchauffe beaucoup plus facilement que l'eau. En conséquence, plus le sol est aéré, plus il se réchauffe vite.

- **La facilité de travail du sol et de pénétration par les racines** : cela simplifie le travail (limitation des coûts) et permet un bon enracinement (donc une bonne nutrition de la plante).

La texture

Définition :

La texture est définie par les proportions relatives (%) de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine du sol. c'est donc la composition granulométrique du sol déterminée par l'analyse textural.

C'est l'ensemble des propriétés qui résultent de la taille et de la nature des constituants du sol et qui se traduisent par un comportement particulier de ce dernier (sol lourd, humide, collant, se réchauffant tardivement et difficile à travailler ; ou bien sol léger, à drainage excessif, se réchauffant rapidement,...).

Les classes de dimensions les plus couramment utilisées pour classer granulométriquement ces particules sont les suivantes :

CLASSE GRANULOMETRIQUE	DIMENSIONS (en μm)
Argile	< 2
Limon fin	2-20
Limon grossier	20-50
Sable fin	50-200
Sable grossier	200-2000

Classes texturales

La texture peut s'apprécier sur le terrain ou être déduite d'une **analyse granulométrique** (l'analyse granulométrique permet, en séparant les particules minérales élémentaires en un certain nombre de fractions classées par ordre de grosseurs, de mesurer les proportions relatives des divers constituants minéraux du sol, donc de déterminer sa composition granulométrique) **au laboratoire**.

Le but de ces analyses est la détermination des classes texturales (**exemple** : limon fin, argile sableuse ...). Celles-ci sont délimitées dans un diagramme en coordonnées trilineaires, appelé **triangle textural** (figure.01). Plusieurs triangles texturaux sont utilisés et les limites et les classes varient plus ou moins selon les régions ou les pays.

Les domaines délimités au sein de ces triangles texturaux (c'est-à-dire les classes texturales) sont sur base de propriétés ou de comportements spécifiques des sols correspondants à des compositions granulométriques déterminées.

Sur le terrain, il y a plusieurs manières de déterminer la classe texturale de la partie terre fine d'un échantillon de sol donné.

L'appréciation tactile de la texture peut se faire en malaxant entre le pouce, l'index et le majeur quelques cm³ de terre fine (il faut écarter au préalable tous les éléments grossiers de l'échantillon prélevé) empruntée à l'horizon à tester, en sachant que :

- Les argiles peuvent se pétrir en pâtes qui ne s'effritent pas dans les mains. La pâte se colle un peu aux doigts, devient même très collante si elle est gorgée d'eau, il est possible de faire un boudin assez fin (quelques mm de diamètre). A l'état sec, l'argile forme des blocs très durs et fortement cohérents, ne tachant pas les doigts, qu'il devient très difficile d'humecter au-delà de 40% d'argile.
- Les sables grattent sous les doigts à partir de 0.1mm. si les sables sont dominants, il se peut que l'on n'arrive pas à confectionner une boule ou un boudin. Les sables fins inférieur à 0.1mm ne grattent pas mais restent perceptibles pas crissement à l'oreille.
- Les sols riches en limons donnent, entre les doigts, des sensations d'onctuosité, le pàton est facilement malléable, s'écrasent par une pression faible. Les boudins se cassent vite. A l'état sec, le limon est poussiéreux, dessèche et tache les doigts.

Pour déterminer le pourcentage d'argile, on peut effectuer le **test du boudin**, il s'agit d'essayer de rouler un échantillon de terre fine prélevé en un boudin de 5 à 10mm de diamètre.

Boudin impossible à fabriquer	Moins de 10-12% d'argile
Roulé sur la paume de la main, le boudin se fragmente	Moins de 18% d'argile
Le boudin ne se fragmente pas mais, on ne peut pas l'enroulé en anneau	Entre 18-25% d'argile
L'anneau peut être réalisé et ne se brise pas	Plus de 25-30% d'argile

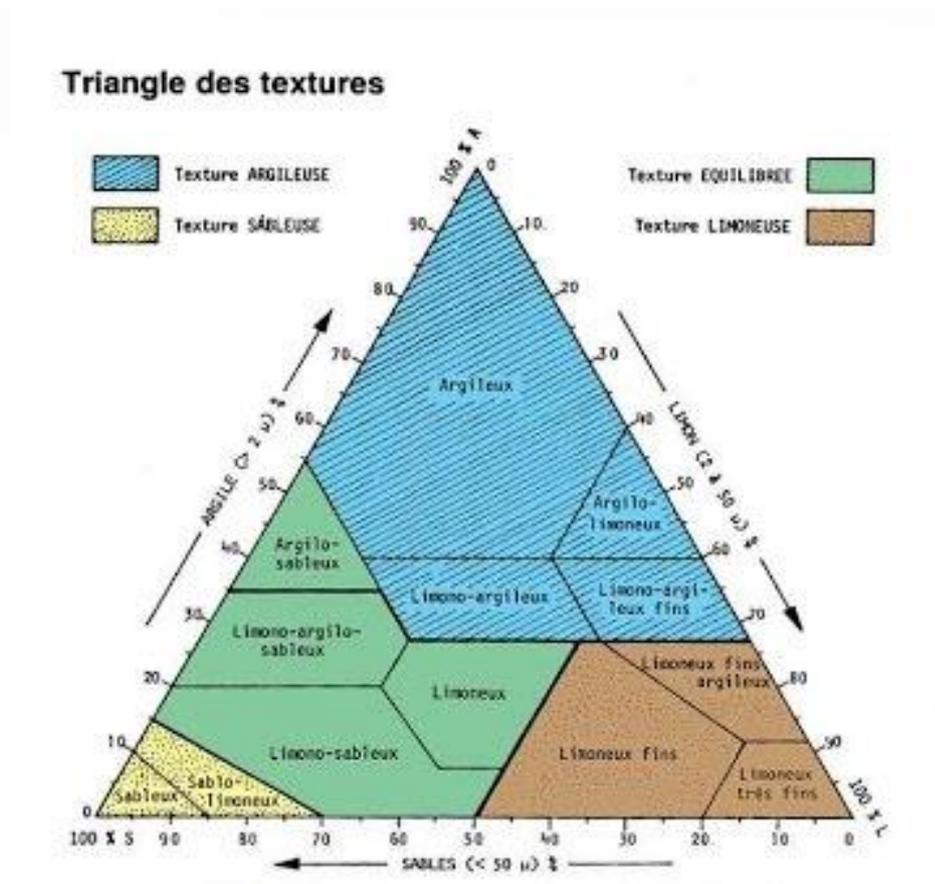


Figure.01. Diagramme triangulaire des textures

La détermination de classes texturales peut être également effectué sur le terrain par le **test de la bouteille**. Il permet de séparer les différents composants du sol, suivant ces étapes :

- Prendre une bouteille ou un bocal transparent et non teinté,
- La remplir à moitié de terre ;
- Comblé le reste avec de l'eau ;
- Bien refermer la bouteille ;
- Secouer énergétiquement pendant trois minutes ;

- Laisser reposer pendant 30 minutes ;
- Secouer de nouveau pendant trois minutes ;
- Laisser reposer pendant au moins 24 heures.

Les particules vont se disposer par ordre de grosseur, les particules les plus grosses sont toujours au fond du bocal, ce sont des sables. Au-dessus, vous trouvez les limons. Enfin, la dernière strate contient l'argile et en surface, les particules qui flottent sont les matières organiques. Pour interpréter les résultats observés sur la bouteille, on doit mesurer les épaisseurs des différentes strates, ensuite on va convertir ces valeurs en pourcentages. Pour déterminer les classes texturales, on projette les pourcentages sur le diagramme triangulaire des textures.

La structure

La structure du sol caractérise l'agencement spatial des particules minérales en éléments de tailles variables (de quelques mm à plusieurs dm), avec liaison éventuelle avec de la matière organique et/ou des oxyhydroxydes (Fe et Al) ou de la calcite (on parle de "liants" organiques ou minéraux). L'association dans l'espace (ou l'absence d'association de ces agrégats élémentaires) détermine la structure du sol. C'est donc le mode d'assemblage des **agrégats** ou des particules élémentaires qui est fondamental.

La **forme**, les **dimensions** et le **degré de netteté** des agrégats permettent aussi de préciser le type structural.

On ne saurait assez souligner combien le rôle de la structure est important au point de vue de la fertilité des sols. Un état structural favorable conditionne en effet un bon enracinement et une bonne économie en air et en eau du sol.

L'étude de la structure des sols peut être abordée de différentes façons :

1. D'un point de vue strictement morphologique, c'est-à-dire de façon purement descriptive (formes, dimensions et modes d'assemblages des éléments structuraux). Diverses typologies ont donc été créées pour décrire la structure du sol à différentes échelles d'observation.

2. En relation avec les propriétés physiques du sol (porosité, capacité de drainage, etc.). L'organisation de la masse solide du sol et, surtout, celle des vides associés, fournit en effet des informations relativement fiables sur la façon dont le sol va laisser pénétrer et circuler l'air et l'eau indispensables à la vie des plantes.

3. D'un point de vue dynamique, par l'étude de sa stabilité (cohésion plus ou moins durable des agrégats) et de son évolution au cours du temps ou sous l'action de contraintes extérieures (entre autres des pratiques culturales).

4. Au point de vue à son origine (mode et facteurs de formation).

Mécanismes à l'origine de la formation des agrégats :

La formation des **agrégats** est due à trois mécanismes :

- ✓ **La floculation des colloïdes électronégatifs** (les argiles et les composés humiques) : elle se fait en présence des cations (Ca^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} ...).
- ✓ **La cimentation des constituants** : la présence des minéraux argileux et la matière organique va permettre la cimentation des constituants, suite à une activité biologique.
- ✓ **La fissuration** : la formation des fentes (des fissures) suite au retrait et gonflement lors de l'alternance des périodes sèches et humides provoque la formation des unités structurales.

Description des types structuraux

Les principaux types de structure que l'on peut rencontrer dans les sols sont résumés au tableau.01. La classification utilisée, empruntée à Bonneau et Souchier (1979), est à la fois morphologique et génétique, puisqu'elle prend en considération non seulement la dimension, la forme et le mode d'agencement des agrégats, mais aussi leur origine et leurs conditions de formation.

Les principaux critères sont la taille et la forme des agrégats ainsi que leur mode d'assemblage dans l'espace (ou l'absence d'un tel agencement). Les 3 types structuraux fondamentaux sont les **structures particulières** ou **élémentaires** (les éléments du squelette sont indépendants les uns des autres), les **structures massives** ou **continues** (le matériau est cohérent et homogène, non fragmenté, car il y a absence de fissuration à la dessiccation et de gonflement à l'humidification) et les **structures fragmentaires** (formation d'agrégats de formes et de dimensions très variées) (figure.02).

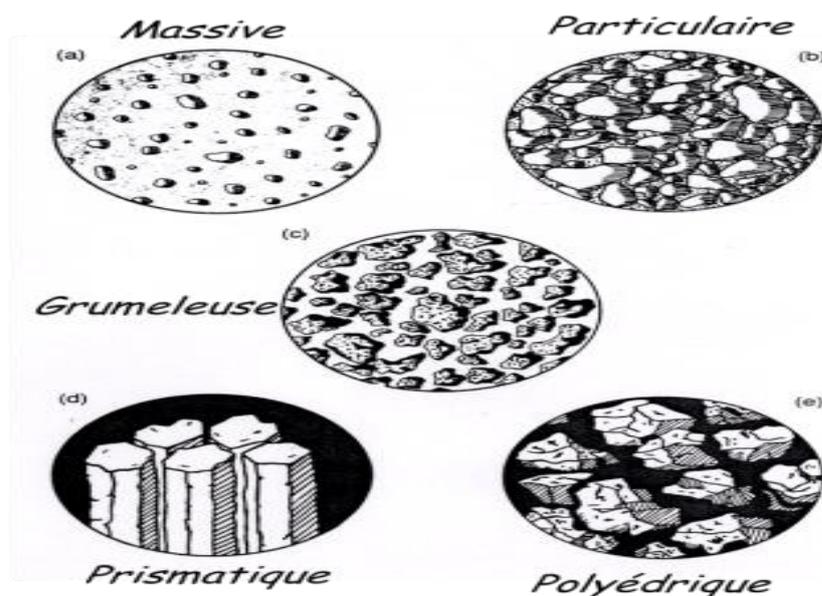


Figure.02. différents types de structure.

Dimensions des agrégats

La taille des agrégats est exprimée par des classes, de très fine à très grossière, dont les limites varient suivant les types de structures :

- Classe très fine.
- Classe fine.
- Classe moyenne.
- Classe grossière.
- Classe très grossière.

Il faut noter que les structures particulières et les structures massives n'ont pas de dimensions.

La netteté de la structure

Le degré de netteté de la structure du sol est apprécié par la proportion des agrégats structurés, plus ou moins facilement déterminables dans le sol. Il se divise en trois classes, de peu nette à très nette :

- **Structure peu nette** : éléments structuraux mal formés, pratiquement invisibles.
- **Structure nette** : éléments structuraux bien formés, moyennement stables et apparents.
- **Structure très nette** : éléments structuraux bien formés, stables, aisément visibles.

Tableau.01. Types de structures (Les critères utilisés sont la dimension et la forme des agrégats, ainsi que le mode d'agencement spatial des agrégats et des vides).

STRUCTURES PARTICULAIRES
Absence des agrégats Grains isolés (cas des sols sableux)
STRUCTURES MASSIVES
Structures fondues (éléments sont modérément liés par des ciments) Structure par cimentation (masse très résistante, soit discontinue, soit continue)
STRUCTURES FRAGMENTAIRES
(le sol est divisé en éléments structuraux)
Structure en agrégats fins (\pm mm)
Structures construites (origine biologique)
Structure grenue (1-10mm, porosité <1)
Structure grumeleuse (1-10mm, porosité >1)
Structure nuciforme (>10mm)
Structures par fissurations (processus physiques)
Structure polyédrique (Pas de dimension dominante)
Structure prismatique et en colonne (dimensions verticales dominantes)
Structure lamellaire (dimensions horizontales dominantes)

Conséquences de l'agencement des agrégats : la porosité

La **porosité** représente le volume des vides du sol, c'est-à-dire l'espace laissé libre au sein même des particules, entre les particules ou entre les unités structurales ; cet "espace poral" est occupé par de l'eau ou de l'air. En d'autre terme, c'est le volume occupé par les constituants liquides et gazeux, qui représente les voies de transferts solides, liquides et gazeux, ainsi que de l'activité biologique.

La porosité est exprimée en pourcent du volume apparent du sol :

$$Pt = (Vv/Va).100$$

Où **Vv** = volume des vides et **Va** = volume apparent du sol

Cette porosité totale qui varie selon les sols de 30 à 70 % est subdivisée selon la taille des vides, en deux types :

La macroporosité correspond au volume des vides dont le diamètre dépasse les 6 à 10µm. Elle assure la circulation de l'**eau de gravité**, après une pluie, mais, elle doit, après un drainage rapide, rester disponible pour la circulation d'air. Il s'agit de pores assurant la **circulation de l'air et de l'eau**.

Ce sont donc ces pores de transmission qui permettent le drainage du sol et rendent possible également la mobilisation dans les profils des substances solubles ou en suspension et l'évacuation des produits de l'altération. Elle est également appelée la **porosité d'air**.

La microporosité correspond au volume des **pores capillaires** retenant l'eau après ressuyage (voir l'eau du sol). C'est dans la microporosité qu'est retenue l'essentiel de l'eau que les plantes consomment au fur et à mesure de leurs besoins.

On la subdivise fréquemment en **microporosité fine** (pores de réserve, retenant l'eau capillaire absorbable par les végétaux, compris entre 8 et 0,2 µm) et **microporosité très fine** (pores résiduels, retenant l'eau capillaire non absorbable, de taille inférieure à 0,2 µm).

Les sols à **structure grumeleuse** présentent généralement une **porosité** totale comprise entre **60** et **70 %** et la macroporosité y est à peu près équivalente à la microporosité. Par contre, en profondeur, dans des horizons limono-argileux à **structure polyédrique**, développés par exemple sur des matériaux limoneux, la porosité totale est nettement plus basse, de l'ordre de **43 %** ; la macroporosité n'y représente plus que 30 % de la porosité totale.

Mesure de la porosité

Elle peut être calculée sur base de la densité apparente (= poids volumique apparent) du sol, mesurée au moyen de cylindres en acier, calibrés (cylindres de Bürger). La porosité totale, en % s'exprime par l'expression suivante :

$$\text{Porosité totale (\%)} = \frac{dr - da}{dr} \times 100$$

avec **dr** = **densité réelle de la matière minérale** (on utilise généralement la valeur de 2,65 c'est à dire la densité du quartz) et **da** = **densité apparente du sol sec** (mesurée par la méthode des cylindres)

Facteurs du milieu assurant la structuration des sols et sa stabilité

Plusieurs facteurs, de natures diverses conditionnent la structuration du sol et sa stabilité :

- **Facteurs physiques**

- Alternance de phases de sécheresse et d'humidité ou de gel-dégel.
- Texture du sol : une teneur minimale en éléments fins est bien entendu nécessaire pour assurer une bonne structuration. A titre d'exemple, la granulation des sols en prairie n'intervient qu'au-dessus d'un seuil voisin de 25 % d'argile.

- **Facteurs chimiques**

- Nature et abondance des cations présents sur le complexe d'échange (argiles, complexe argilo-humique).
- Rôle flocculant efficace des cations polyvalents (surtout Ca^{2+} en sols non ou peu acides et Al^{3+} en sols acides).
- PH influençant l'activité biologique et l'humification.

- **Facteurs biologiques**

- Teneur en matière organique et nature de cette matière organique.
- Activité biologique : rôle majeur des lombricidés (surtout les espèces anéciques dont les turriculés, rejetés à la surface du sol, sont constitués d'un mélange de matière minérale et de matière organique fraîche très fragmentée) et, dans les sols plus acides, des microarthropodes.
- Un taux suffisant de matière organique et une bonne activité biologique du sol assurent la stabilité de structure.

Pour finir, il faut noter que **l'instabilité structurale** est un danger. Elle gêne l'activité biologique animale, elle perturbe l'enracinement des plantes et la bonne alimentation de celle-ci et elle gêne la circulation des fluides.

Horizon pédologique

Le sol peut être découpé en différents niveaux superposés, homogènes et plus au moins parallèles à la surface, qu'on appelle les **horizons pédologiques**. Ils sont constitués de matière minérale et de matière organique (les horizons les plus superficiels sont les riches en matière organiques et en organismes vivants, tandis que les horizons les plus profonds sont très riches en matière minérale). Les horizons différents les uns des autres par leur couleur, leur texture, l'abondance d'éléments grossiers, l'arrangement spatial des constituants (solides, liquides et gazeux) et des vides associés.

L'horizon est le niveau d'appréhension le plus pratique pour observer et échantillonner une **couverture pédologique**. Il est considéré comme entité de base permettant d'identifier, de caractériser, de définir et de modéliser une couverture pédologique.

Les principaux horizons de référence

Les pédologues désignent les différents horizons par des lettres majuscules O, A, B, C, R. cette nomenclature internationale peut varier légèrement d'un pays à l'autre. Les pédologues français ont adopté la terminologie suivante:

- **L'horizon organique (O)**

Il s'agit de la couche superficielle comprenant des débris végétaux et animaux plus ou moins fragmentés, nommés la litière et de l'humus. Ces débris sont principalement composés de feuilles, branches cassées, bois mort, des déjections animales et des cadavres. Grâce aux décomposeurs, la température et l'humidité du sol, ces débris peuvent se décomposer et se transformer en humus (des débris non reconnaissables très sombres). Les éléments nutritifs inclus dans l'humus vont s'infiltrer vers les profondeurs suite à la circulation de l'eau.

L'horizon O peut être subdivisé en : Ol (litière), Of (Ol en fragments), Oh (Ol humifié). Cette subdivision est basée sur le degré de transformation des débris végétaux et animaux.

- **L'horizon de lessivage (A)**

L'**horizon A** (appelé également l'horizon **mixte= éluvial**) est une couche formée d'un mélange d'humus et de particules minérales, ce qu'on nomme aussi terre arabe. Il se situe à la base de l'horizon O lorsqu'il existe, sinon à la partie supérieure du sol. L'horizon A est caractérisé par une couleur plus ou moins sombre, due à sa richesse en matière organique.

Cette couche est essentielle pour le développement des végétaux, parce qu'elle assure la présence de matière minérale et la matière organique. Certains insectes, rongeurs et vers de terre qui creusent la terre assure l'aération de cette couche.

- **L'horizon d'accumulation (B)**

L'**horizon B** (nommé également **illuvial**) est appauvri en humus, mais elle renferme plusieurs éléments minéraux. Les matériaux transformés biochimiquement provenant des

horizons supérieurs s'accumulent dans cette zone. Elle est caractérisée aussi par la présence de quelques débris grossiers (cailloux) provenant de la roche-mère.

Les principaux types d'horizons B sont : l'**horizon BT** (caractérisé par l'accumulation des argiles) et l'**horizon BP** (caractérisé par l'accumulation de matière organique et d'alumine, avec ou non le fer).

- **L'horizon d'altération (C)**

L'horizon C se trouve à la base du sol. C'est la couche où se déroule la fragmentation et l'altération de la **roche-mère**. Elle contient des morceaux de roches fragmentées, partiellement déformées. Cette couche est au-dessus de la roche-mère peu ou pas altérée (parfois notée l'**horizon R, M** ou **D**).

- **Roches-mères (R, M ou D)**

Il s'agit de roches dures ou meubles, non altérées. On distingue :

- **Couche R** : roches durs, massives, non fragmentaires (calcaires durs, grès, granites...).
- **Couche M** : roches meubles ou tendres non ou peu fragmentaires (craies, marnes, sables, schistes...).
- **Couche D** : matériaux durs, fragmentés puis déplacés et transportés (éboulis, moraines...).

Les pédologues utilisent fréquemment, pour désigner les **horizons profonds**, quelques dénominations dont les plus courantes sont :

- **Horizons d'altération à structure pédologique (S)**

Horizon structural S (anciennement B) est un horizon pédologique d'**altération**. C'est le lieu d'altération des minéraux primaires (avec libération d'oxydes et hydroxydes de Fe et d'Al) et de décarbonatation.

- **Horizons hydromorphes (G et g)**

On distingue deux types d'**horizons hydromorphes** :

- **Horizons réductiques G** : résultant d'un excès permanent d'eau, la couleur de cet horizon est dominée par le gris, le vert et le bleu. Les processus de réduction de fer sont prédominants.
- **Horizons rédoxiques g** : ces horizons sont caractérisés par des taches de couleur rouille. Cette couleur résulte de la succession, dans le temps de processus de réduction et de mobilisation de fer et d'oxydation et immobilisation de fer.

Profil pédologique

Le **profil pédologique** est l'ensemble des horizons d'un sol donné, chaque horizon étant une couche repérable et distincte par ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques. Ces horizons sont d'autant plus distincts que le sol est évolué. On parle aussi de solum ou des horizons de sol. L'étude d'un sol repose donc sur l'identification des horizons et leurs descriptions (figure.03).

L'expression profil de sol est aussi utilisée en agronomie pour parler du profil cultural, qui ne concerne que les sols cultivés.

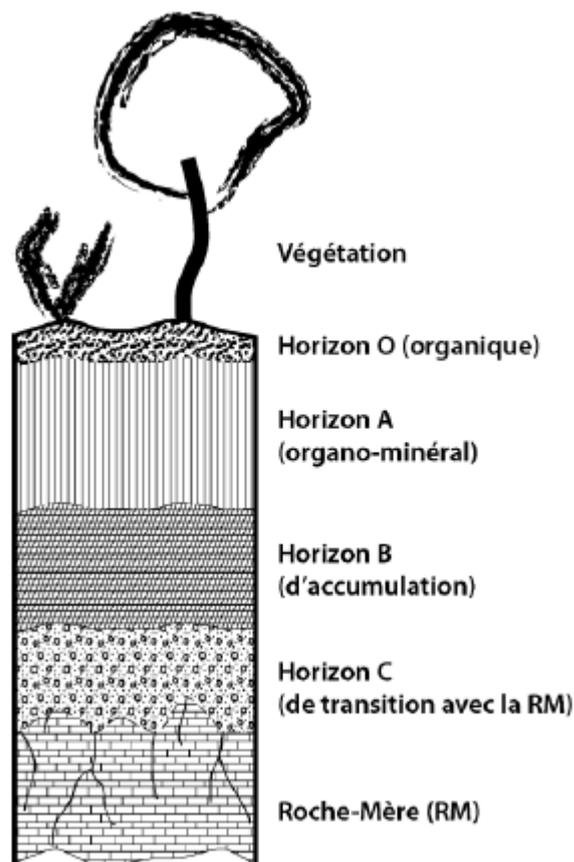


Figure.03. Schéma d'un profil pédologique.

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 le terrain.

Sol et l'eau

L'étude de l'eau du sol comporte deux aspects :

1. Un aspect statique ce sont les différents états de l'eau du sol, en liaison directe avec sa capacité de rétention et la disponibilité en eau qu'il peut assurer pour les plantes.
2. Un aspect dynamique : il s'agit de la circulation de l'eau dans le sol, c'est-à-dire les transferts verticaux ou latéraux de la phase liquide du sol. Etats de l'eau et circulation de l'eau dépendent tous deux, directement ou indirectement, de la porosité du sol et des types de porosité qui le caractérisent.

Les états de l'eau du sol

L'eau du sol peut être classée en diverses catégories selon son comportement (figure.04) :

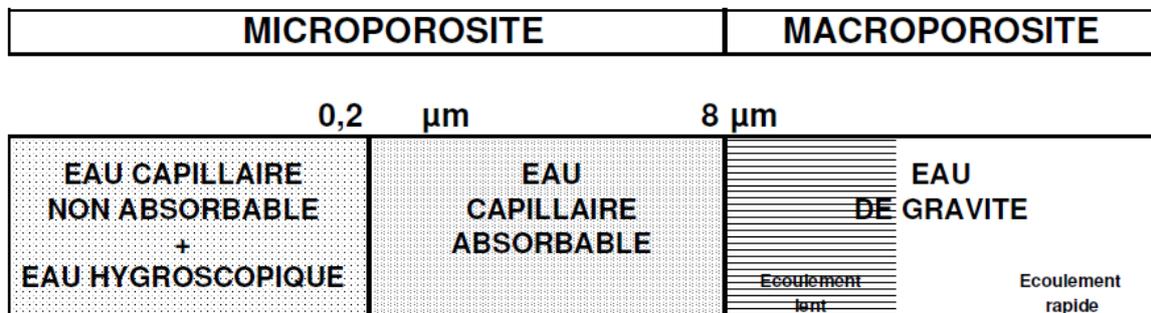


Figure.04. Types de porosité et états de l'eau du sol

- **Eau de gravité (ou de gravitation)**

C'est l'eau occupant momentanément ou de façon plus ou moins permanente (= eau de saturation) les pores les plus grossiers du sol, c'est-à-dire la macroporosité. Cette eau est soumise à la pesanteur et n'est donc pas retenue par le sol après ressuyage. Rappelons que c'est cette eau de gravité qui assure l'entraînement des substances dissoutes (cations, anions, chélates,...) ou en suspension (argiles fines) ; elle contribue donc à la différenciation des profils. On fait habituellement la distinction entre l'eau de gravité à écoulement rapide et celle à écoulement lent.

- **Eau capillaire**

On distingue l'eau capillaire absorbable qui correspond à l'eau contenue dans la microporosité de 0,2 à 8 μm (pores de réserve), et l'eau capillaire non absorbable ou eau "liée", correspondant à la microporosité très fine, inférieure à 0,2 μm (pores résiduels). L'eau capillaire absorbable est donc l'eau retenue par le sol après ressuyage ; elle est utilisable par les végétaux. C'est en outre la phase liquide qui compose la "solution du sol", c'est-à-dire le réservoir des substances dissoutes et le milieu d'altération des minéraux.

- **Eau hygroscopique**

C'est l'eau adsorbée par le sol aux dépens de l'humidité atmosphérique et elle varie avec le degré hygrométrique de l'air. Il s'agit donc d'une mince pellicule d'eau entourant les particules minérales et organiques. Très énergiquement retenue, elle n'est susceptible d'aucun mouvement et n'est pas absorbable par les végétaux.

Atmosphère du sol

Le sol est un matériau poreux. Les constituants gazeux (contenus dans les cavités du sol), appelés atmosphère du sol, proviennent de l'air de l'atmosphère externe, de la vie des organismes et de la décomposition des composés organiques. L'air du sol est constitué de plusieurs gaz : azote, l'oxygène, le gaz carbonique, méthane....

Tableau. 02. Composition comparée de l'air du sol et de l'atmosphère extérieure (Gobat et al., 2003).

Constituants	Air du sol (en %)	Atmosphère extérieure (en %)
Oxygène	18 à 20,5 en sol bien aéré, 10 après pluie	21
Azote	78,5 80	78
Gaz carbonique	0,2 à 3,5 / 5 à 10 dans la zone autour des racines	0,03

Selon Ponge et Bartoli (2009), l'air du sol est en contact avec l'atmosphère via un réseau de pores interconnectés. La diffusion de cet air est freinée en proportion de la profondeur, de la taille des pores et de leur remplissage par l'eau du sol. Cet air atmosphérique est ensuite modifié par les organismes qui y respirent, en particulier les racines des végétaux (la moitié de la respiration du sol est d'origine végétale) et les microorganismes (bactéries, champignons).

Température du sol

Le bilan de la radiation solaire, depuis l'atmosphère jusqu'au sol, montre qu'un tiers (33%) seulement de l'énergie solaire pénètre dans le sol. La plus grande partie (40%) de cette énergie est réfléchiée par la couche atmosphérique supérieure, 174% sont absorbés par l'atmosphère et 10% réfléchies par le sol et la végétation.

La quantité de chaleur reçue par le sol varie en fonction de :

- L'humidité de l'air ;
- La couverture du sol (la végétation) ;
- La couleur du sol (un sol de couleur sombre se réchauffe plus rapidement qu'un sol de couleur clair) ;
- Son humidité (un sol sec se réchauffe plus rapidement qu'un sol humide) ;
- Sa porosité (l'aération du sol va permettre son réchauffement rapide).

La couleur du sol

Un des critères morphologiques des sols facilement accessible est sa couleur. Les sols présentent une grande diversité de couleurs dont l'étude nous permet de formuler des hypothèses sur la composition et leur fonctionnement. Certaines sont héritées de la roche – mère (par exemple la roche calcaire peut colorer le sol en blanc), d'autres résultent de mécanismes complexes qui se déroulent au cours de vie du sol.

Voici quelques exemples de couleurs et leurs indications :

- **Noir** : la couleur **gris-noire** est associée à la présence de **matières organiques** dans le sol. On observe très souvent un gradient décroissant des teneurs en matières organiques le long des profils de sol en lien avec les apports de qui s'effectuent à la surface du sol.
- **Blanc** : elle est caractéristique d'une accumulation des **sels** dans le sol et est utile pour détecter des **sols carbonatés ou salés**.
- **Couleurs vives associées au fer** : le **fer** est un des constituants déterminant dans la couleur des sols. Selon la forme sous laquelle il se trouve dans le sol, cet élément prend des couleurs contrastées et différentes. Ainsi, en présence d'oxygène dans le milieu on trouve le fer sous sa forme oxydée (**fer ferrique**), qui forme des taches dont la palette des couleurs est assez large (du **jaune-orangée** au **rouge-brun**). Quand le milieu est réducteur et les êtres vivants du sol n'ont pas assez d'oxygène, il arrive qu'ils utilisent celui qui est fixé au fer. Ce dernier passe alors sous sa forme réduite (**fer ferreux**), et prend alors des teintes **gris-vert**. Ces couleurs dues à la présence de fer donnent des indications sur la présence d'engorgement en eau dans le sol. Dans le sol riche en eau, l'oxygène se fait de plus en plus rare.

- **Les couleurs pâles :** elles traduisent l'appauvrissement du sol de certains **éléments colorants** tels que le **fer** et les **argiles**. Des phénomènes de migrations des argiles et de fer dans le profil pédologique peuvent se produire, depuis des horizons éluviaux, qui s'appauvrissent, vers des horizons illuviaux, d'accumulation, ces phénomènes expliquent la présence de ces couleurs pâles à certains horizons. Des couleurs pâles s'observent également dans des sols qui se développent à partir dans une roche-mère pauvre en fer **exemple :** les argiles blanches.