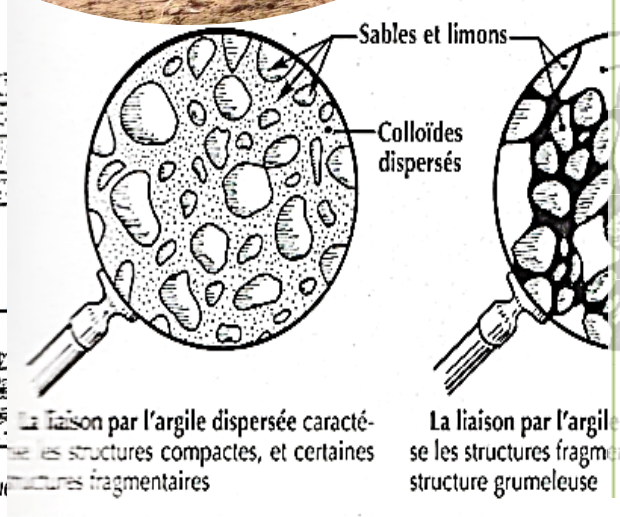
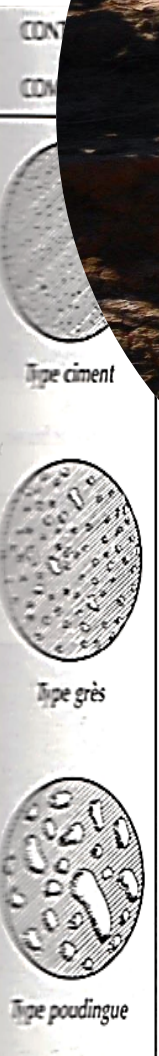


Module Ecopédologie

Niveau :L3BV



ABSI RIMA
Département de Biologie-
Université de Biskra
2024-2025

Contenu de la matière

1. Introduction

- Définition du sol et objet de la pédologie.

2. Les éléments constitutifs du sol

- 2.1. Les constituants minéraux
- 2.2. Les constituants organiques
- 2.3. Les complexes colloïdaux.

3. L'organisation morphologique des sols

- 3.1. Les organisations élémentaires
- 3.2. L'horizon pédologique
- 3.3. Les profils pédologiques
- 3.4. La couverture pédologique.

4. Le sol et l'eau

- L'eau du sol
- Fonction osmotique
- Fonction d'imbibition
- Capillarité
- Potentiel hydrique
- Capacité au champ
- Point de flétrissement
- Origine de l'eau absorbée

5. L'atmosphère du sol.

6. Les propriétés chimiques des sols

- 6.1. Le phénomène d'échange des ions
- 6.2. Les propriétés électro-ioniques du sol
 - Le pH et ses relations avec le complexe absorbant
 - Le pouvoir tampon du sol
 - Le potentiel d'oxydo réduction.

7. Les propriétés biologiques des sols

- 7.1. Les organismes du sol
- 7.2. Les transformations d'origine microbienne
- 7.3. Effet de la rhizosphère.

8. Classification des sols

- La systématique des sols
- Les différentes classifications (Russe-Américaine- Française)
- La nouvelle classification des sols (Référentiel pédologique 2008)
- Les sols d'Algérie et les relations avec le climat et la géomorphologie

Travaux pratiques :

TPN°1 : Observation des différents échantillons du sol.

TPN°2 : Structure et texture du sol.

TPN°3 : Humidité du sol

TP N°4 : Le pH du sol.

Mode d'évaluation :

Examen final 60 % + continue 40 % (Contrôle TP + des rapports ; des exposés + interrogations).

Chapitre 1. Définition du sol et objet de la pédologie.

1. Introduction

La **pédologie** est la science qui étudie les sols, leur formation, leur composition, leur structure, ainsi que leur évolution et leur interaction avec l'environnement. Elle s'intéresse également à la manière dont les sols influencent et sont influencés par les différents systèmes naturels et humains. En d'autres termes, la pédologie est une branche de la géoscience qui se concentre sur l'étude des sols, en tant qu'éléments dynamiques et vitaux de la surface terrestre.

✓ Définition du sol

Le sol peut être défini comme une couche superficielle de la croûte terrestre composée de matériaux minéraux, d'organismes vivants et de matière organique, dans laquelle les plantes peuvent s'enraciner et se nourrir. Il joue un rôle fondamental dans la régulation des cycles biologiques et géochimiques, ainsi que dans la production alimentaire et la gestion de l'eau. D'un point de vue pédologique, le sol est vu comme un système complexe constitué de plusieurs horizons distincts, chacun ayant des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques qui lui sont propres. Ces horizons sont formés au cours de la pédogénèse, un processus long et continu de formation du sol.

Selon Jenny (1941), un sol peut être défini comme "la résultante de l'interaction de cinq facteurs fondamentaux : le climat, la roche-mère, les organismes vivants, le temps et le relief." Ces facteurs interagissent et influencent la formation et la qualité du sol. La structure du sol est essentielle pour sa capacité à retenir l'eau, à fournir des nutriments aux plantes et à permettre le passage des racines.

✓ Objet de la pédologie

L'objet de la pédologie est d'analyser l'origine et l'évolution des sols, en étudiant leurs propriétés physiques (texture, structure, porosité), chimiques (pH, minéraux, nutriments) et biologiques (activités microbiologiques, diversité biologique). La pédologie cherche également à comprendre la **pédogénèse**, c'est-à-dire les processus de formation des sols à travers le temps, qui sont influencés par des facteurs géologiques, climatiques et biologiques.

Le sol a attiré l'attention des hommes depuis fort longtemps. Il a d'abord été considéré comme le milieu où se développe le système racinaire des plantes utiles, contribuant par-là à la subsistance des êtres humains (Maignien, 1967). Le sol est un mélange de particules solides pulvérisées, d'eau et d'air qui servent de support aux éléments nutritifs des plantes".

Cependant dès la seconde partie du 19^e siècle la science du sol a pris une individualisation propre. Il est apparu que le sol pouvait être considéré comme une entité naturelle, résultants des interactions qui se réalisent à la surface de la terre entre le monde minéral et le monde végétal. RAMANN donne ainsi la définition suivante : " le sol est la couche supérieure meuble de l'écorce terrestre. Cette couche comprend des roches qui ont été réduites en petits fragments et plus ou moins transformées chimiquement, avec des débris de plantes et d'animaux qui y vivent et les utilisent".

C'est dans cette optique notre objectif de ce module de donner les bases de connaissance des sols, de leurs propriétés environnementales et agronomiques et introduire les notions de couvertures pédologiques ou chaînes de sol.

1. Notions de base

- **Agrologie** ; est une science tournée vers la pratique (de ager, champ, et logos, science, discours, traité...) s'intéresse à la couche de terre que peuvent visiter les racines, et pas seulement à celle que peuvent travailler les instruments de culture, la terre arable (la charrue,...).

La définition agrologique reflète donc cette préoccupation pratique :

« Le sol agricole est la partie de la couche superficielle de l'écorce terrestre qui, grâce à sa structure meuble et à sa composition physico-chimique, est en mesure d'assurer un développement normal des végétaux cultivés ».

- **Pédologie**, vient compléter l'Agrologie, en donnant un sens à la succession des couches du sol, en expliquant leur origine et en précisant leur influence sur la fertilité du sol. Par définition, la pédologie (du grec pedon, « le sol que l'on foule au pied », cultivé ou non) est la science qui étudie la formation et l'évolution des sols.
- **Pédogenèse (du grec genesis)**, le "Dictionnaire de Science du Sol", (Lavoisier, 2002) donne la définition suivante : Pédogenèse : "Processus de formation, de mise en place et d'organisation du sol, sous l'effet des agents du climat, de la faune et de la flore. Les mécanismes de la pédogenèse sont physiques (désagrégation des roches, érosion), chimiques (dispersion, précipitation, agglomération, lessivage, induration), biologiques (ameublissement, transport, accumulation). L'ensemble de ces mécanismes a pour résultat la formation des sols à partir du matériau initial et de la présence des matières organiques, ainsi que leur développement y compris la différenciation des horizons".
- **Ecopédologie** : Etude des écosystèmes des êtres vivants à la surface et à l'intérieur du sol.

2. Définition du sol et objet de la pédologie.

Un sol est plus complexe et plus riche que la roche et les trois milieux qui l'entourent, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. D'où bien d'autres définitions du sol données par les pédologues et les écologues :

- Par sol, on entend les horizons extérieurs des roches naturellement modifiées par l'influence mutuelle de l'eau, de l'air et des organismes vivants et morts. C'est un corps naturel indépendant et variant (**Dokouchaev, 1883**).
- Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestant (**Aubert et Boulaine, 1980**).
- Le sol est la couche la plus externe, marquée par les êtres vivants, de la croûte terrestre. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème, occupe une position clé dans les cycles globaux des matières (**société suisse de pédologie, 1997**).

3. Le sol a de multiples fonctions

1. Des fonctions sans rapport direct avec l'homme

- C'est un support pour les êtres vivants,
- Un milieu de transformation des matières organiques,
- ...et de ce fait une réserve organique et minérale
- Un régulateur des échanges dans l'écosystème
- Un système épurateur des eaux.

2. Des fonctions en rapport avec l'homme

- C'est une des bases de la vie humaine
- Le lieu de production agricole et forestière
- Un élément constitutif du paysage,
- Le point de départ et d'aboutissement des civilisations et des cultures.

Chapitre 2. Les éléments constitutifs du sol

Introduction

Les **éléments constitutifs du sol** ; constituants minéraux, organiques et complexes colloïdaux ; interagissent de manière complexe pour déterminer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. La présence et la proportion de chacun de ces éléments influencent la capacité du sol à retenir l'eau, à fournir des nutriments aux plantes et à maintenir un environnement propice à la vie. Les recherches en pédologie visent à comprendre ces interactions pour améliorer la gestion des sols, en particulier dans un contexte de durabilité et de gestion des ressources naturelles.

Le sol est un milieu complexe et dynamique constitué de différents éléments qui interagissent pour soutenir la vie végétale et les écosystèmes. Ces éléments peuvent être classés en **constituants minéraux**, **constituants organiques**, et **complexes colloïdaux**. Chaque catégorie joue un rôle spécifique dans le fonctionnement du sol et dans ses capacités à fournir des nutriments et de l'eau aux plantes, à stocker le carbone et à soutenir la biodiversité.

2.1. Les constituants minéraux

Les **constituants minéraux** du sol sont les particules inorganiques qui proviennent principalement de la dégradation des roches-mères sous l'effet des processus géologiques et climatiques. Ces particules minérales varient en taille et en composition, et elles forment la majeure partie du sol en termes de volume et de masse. Elles se répartissent généralement en trois catégories selon leur taille : les **sables**, les **limons** et les **argiles**.

1. **Sables** : Les particules de sable sont les plus grandes (plus de 0,02 mm de diamètre) et ont une texture grossière. Elles permettent un bon drainage, mais retiennent moins de nutriments et d'eau.
2. **Limons** : Les particules de limon sont plus petites que les sables (de 0,002 à 0,02 mm). Elles ont une texture plus fine et retiennent mieux l'eau que le sable.
3. **Argiles** : Les particules d'argile sont les plus petites (moins de 0,002 mm) et ont une capacité élevée de rétention d'eau et de nutriments en raison de leur grande surface spécifique et de leurs charges électrostatiques. Cependant, elles peuvent rendre le sol compact et peu perméable si elles sont trop abondantes.

Les minéraux du sol comprennent principalement des **silicates** (quartz, feldspaths), des **oxydes de fer** et d'**aluminium**, ainsi que des **carbonates**. Ces minéraux influencent les propriétés physiques du sol, telles que la texture, la porosité, et la capacité de rétention de l'eau.

2.2. Les constituants organiques

Les **constituants organiques** du sol proviennent des restes de plantes, d'animaux et de micro-organismes, qui sont décomposés par des processus biologiques (humification). La matière organique est essentielle pour la fertilité du sol, car elle améliore la structure du sol, augmente la capacité de rétention d'eau, et fournit des nutriments pour les plantes.

1. **Matière organique morte** : Comprend les débris végétaux (feuilles, racines, tiges) et animaux (déjections, cadavres), qui sont en décomposition.
2. **Humus** : L'humus est la matière organique décomposée qui reste dans le sol après que la décomposition a été partiellement achevée. Il est riche en composés aromatiques et en nutriments disponibles pour les plantes. L'humification contribue à la formation d'humus stable qui améliore la structure et la fertilité du sol.
3. **Micro-organismes** : Les bactéries, champignons, algues et autres micro-organismes jouent un rôle clé dans la décomposition de la matière organique et le recyclage des nutriments.

Les constituants organiques augmentent la porosité du sol, favorisent la rétention d'eau, et améliorent la capacité d'échange cationique (CEC), c'est-à-dire la capacité du sol à retenir les nutriments sous forme de cations (éléments chargés positivement).

2.3. Les complexes colloïdaux

Les **complexes colloïdaux** du sol sont des structures fines et invisibles à l'œil nu, constituées principalement de particules colloïdales (argiles et matière organique) qui ont une grande surface spécifique et qui jouent un rôle crucial dans les propriétés physico-chimiques du sol. Ces complexes sont particulièrement importants pour la rétention des nutriments et de l'eau.

Les **colloïdes** du sol peuvent être organiques (humus, débris végétaux décomposés) ou inorganiques (minéraux argileux). Les particules colloïdales ont des charges électriques qui leur permettent d'attirer et de retenir des **cations** (calcium, magnésium, potassium, ammonium, etc.) et des **anions** (nitrates, phosphates). Cette capacité à retenir et à échanger des ions est essentielle pour la fertilité du sol et la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes.

Les complexes colloïdaux sont responsables de plusieurs propriétés clés du sol, telles que sa **capacité d'échange cationique (CEC)**, qui mesure la capacité du sol à stocker et échanger des cations essentiels à la croissance des plantes. Une CEC élevée est généralement favorable à la fertilité du sol.

1. **Argiles colloïdales** : Les argiles ont une charge négative qui leur permet de fixer les cations nutritifs. Elles sont donc cruciales pour la nutrition des plantes.
2. **Humus colloïdal** : L'humus joue également un rôle important dans la rétention des nutriments, en particulier des cations. Il est capable de former des complexes avec les minéraux et de libérer progressivement des éléments nutritifs.

2.4. Les étapes de la formation d'un sol

La formation d'un sol est un processus complexe qui résulte de l'interaction de plusieurs facteurs environnementaux au fil du temps. En général, on décrit ce processus en trois grandes étapes :

1. Altération physique, chimique et biologique des roches-mères

La première étape dans la formation d'un sol commence par la dégradation des roches-mères, qui sont les matériaux parentaux (roches ou sédiments) à partir desquels le sol se développe.

Ce processus d'altération peut être divisé en trois types :

- **Altération physique** : Ce processus inclut la fragmentation mécanique des roches sous l'effet de phénomènes naturels comme le gel, le dégel, l'érosion par l'eau, le vent ou les racines des plantes. Ce type d'altération produit des fragments plus petits et expose davantage de surfaces aux autres processus.
- **Altération chimique** : L'altération chimique implique la dissolution ou la transformation des minéraux présents dans la roche-mère en nouveaux composés. Par exemple, l'eau de pluie légèrement acide (due à la présence de CO₂ dissous) peut dissoudre les minéraux comme le feldspath pour créer des argiles et des oxydes de fer. Ce processus contribue à la formation de substances plus fines et plus réactives.
- **Altération biologique** : Les organismes vivants, comme les racines des plantes, les lichens et les microorganismes, jouent un rôle majeur en décomposant les matières organiques et en libérant des acides organiques qui facilitent l'altération chimique. Par ailleurs, les racines des plantes exercent une pression mécanique qui peut fragmenter les roches.

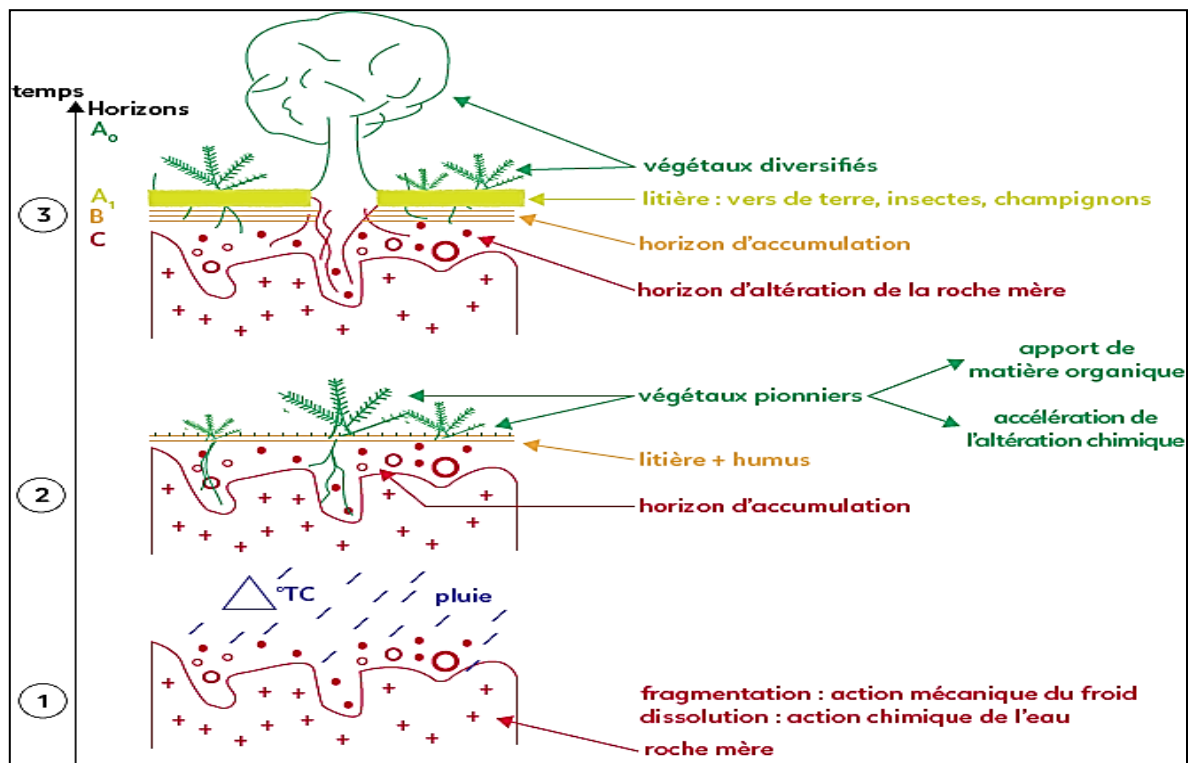
2. Accumulation et transformation de matières organiques

Une fois que la roche-mère est suffisamment dégradée, des matières organiques comme les résidus de plantes et d'animaux commencent à s'accumuler. Ces matières se décomposent au fur et à mesure de l'activité des micro-organismes (bactéries, champignons, etc.), libérant des

éléments nutritifs et contribuant à la formation de l'humus. L'humus est une composante clé du sol, car il améliore la structure du sol, augmente sa capacité de rétention en eau et fournit des éléments nutritifs pour les plantes.

3. Évolution et différenciation des horizons du sol

Au fur et à mesure de la formation du sol, des processus comme le lessivage, la translocation des éléments (mouvement d'eau à travers le sol), et la différenciation des horizons (couches du sol) se produisent. Un sol mature présente plusieurs horizons. Cette différenciation des horizons résulte de l'interaction entre les différents facteurs de formation du sol, comme le climat, la végétation, le temps et le relief. Ces processus peuvent prendre des milliers ou des millions d'années.



Chapitre 3. L'organisation morphologique des sols

Introduction

L'organisation morphologique des sols est essentielle pour comprendre leurs caractéristiques et leurs fonctions dans l'environnement. L'étude des **organisations élémentaires**, des **horizons pédologiques**, des **profils pédologiques**, et de la **couverture pédologique** permet de mieux saisir la dynamique du sol, de comprendre la formation et les caractéristiques des sols son rôle dans les écosystèmes, et les impacts des activités humaines

sur sa gestion et sa conservation. Ces connaissances sont cruciales pour l'agriculture durable, la gestion des ressources en eau, et la préservation des sols face aux changements climatiques.

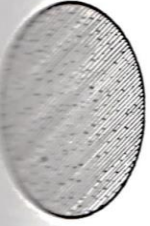

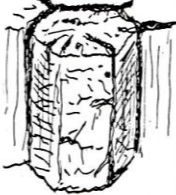

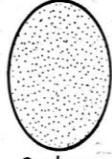
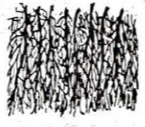

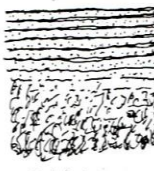

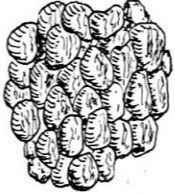
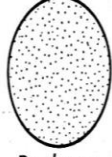
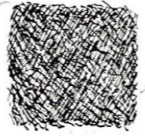

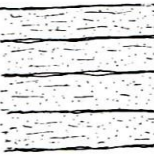

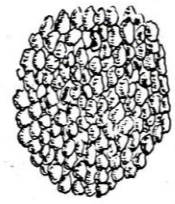
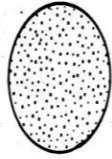

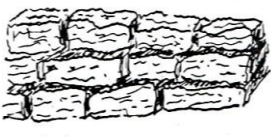


L'organisation morphologique des sols fait référence à la manière dont les différentes couches du sol sont disposées et structurées. Cela inclut l'analyse des **organisations élémentaires**, des **horizons pédologiques**, des **profils pédologiques** et de la **couverture pédologique**. Ces structures permettent de comprendre la formation et les caractéristiques des sols, ainsi que leurs interactions avec l'environnement.

3.1. Les organisations élémentaires

Les organisations élémentaires désignent les différentes structures visibles dans un sol qui résultent des interactions entre les particules minérales, les matières organiques, l'eau et l'air. Ces structures influencent les propriétés physiques et chimiques du sol. Parmi les organisations élémentaires les plus courantes, on trouve :

1. **Les agrégats du sol** : Ce sont des agglomérats de particules de sol (argiles, limons, sables, matière organique) qui forment des structures plus ou moins cohérentes. Les agrégats peuvent varier en taille et en forme, et sont cruciaux pour la porosité du sol, la circulation de l'air et de l'eau, ainsi que la nutrition des plantes.
2. **Les structures granulaires** : Formées par les agrégats de sables et de limons, elles sont généralement associées à des sols bien aérés et facilement drainés.
3. **Les structures prismatiques et cubiques** : Ces structures sont plus communes dans les sols argileux, où les particules d'argile se lient de manière plus étroite pour former des blocs géométriques.
4. **Les structures lamellaires** : Formées principalement dans les sols riches en matières organiques ou en argiles, les lamelles sont de fines couches de particules empilées les unes sur les autres. Ces organisations élémentaires permettent aux sols de remplir des fonctions vitales comme la gestion de l'eau, le stockage des nutriments et l'oxygénation des racines.

Figure 1. Les types des structures du sol

CONTINUES OU COMPACTES	FRAGMENTAIRES			PARTICULAIRES	
	Feuilletées	Anguleuses	Sphériques	Minérales	Organiques
 Type ciment	 Écailleuse	 Prismatique	 Massive	 Cendreuse	 Fibreuse
 Type grès	 Schisteuse	 Columnaire	 Nuciforme	 Poudreuse	 Feutrée
 Type poudingue	 Laminaire ou lamellaire	 Cubique	 Grumeleuse	 Graveleuse	 Feuilletée
	 En plaquettes		 Polyédrique	 Piérreuse	

Type grumeleuse
Fragmentaire sphérique



© Labelleterre04

Type schisteuse
Fragmentaire feuilletées



@Vavou

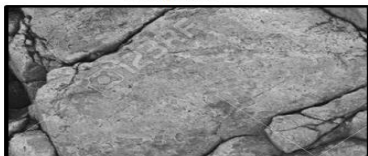
Type sableuse
Particulaire



© Väderstad

3.2.

Type ciment
Compacte



123rf

Type grès
Compacte



© Creative commons

Type poudingue
Compacte



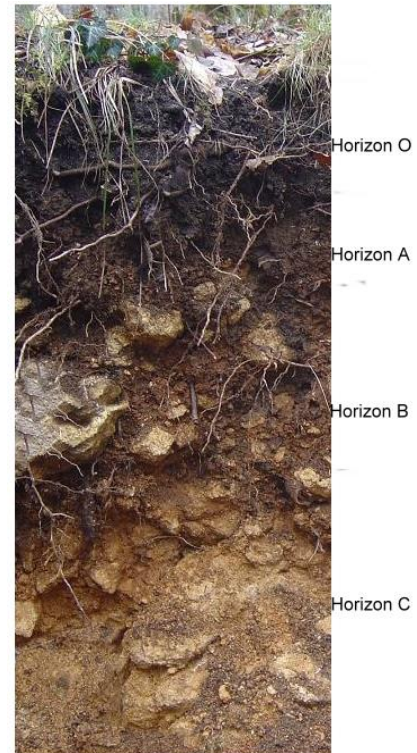
© Wikipedia commons

L'horizon pédologique

Un horizon pédologique est une couche de sol qui présente des caractéristiques homogènes en termes de texture, de couleur, de composition et de structure. Ces horizons se forment sous l'influence des processus pédogénétiques (comme la dégradation des roches, la décomposition de la matière organique, les variations de température et d'humidité, etc.) et sont généralement distingués en fonction de leur profondeur et de leurs propriétés. Les horizons pédologiques sont importants car ils reflètent l'histoire de la formation du sol et permettent de comprendre la dynamique de l'eau et des nutriments dans le sol.

Les horizons pédologiques se classent en plusieurs types :

1. **Horizon O (organique)** : C'est la couche supérieure du sol, dominée par la matière organique en décomposition, comme les feuilles mortes et les racines. Cet horizon est riche en humus.
2. **Horizon A (minéral) ou horizon de surface** : C'est un horizon où l'humus est mélangé avec les minéraux. Il contient la majorité de l'activité biologique et est crucial pour la croissance des plantes. Cet horizon est souvent appelé **sol arable** dans les sols agricoles.
3. **Horizon B (illuviation)** : Cet horizon se forme par l'accumulation de matériaux lessivés depuis l'horizon supérieur. Il peut contenir des minéraux lessivés (comme le fer, l'aluminium, ou des argiles).
4. **Horizon C (roche-mère)** : C'est la couche inférieure qui correspond à la roche-mère non altérée ou partiellement altérée, à partir de laquelle se forment les autres horizons.



Selon **Ghanem (2022)**, les différents horizons d'un profil du sol sont :

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

- ✓ 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 humifiée. Cet horizon est composé quasi exclusivement de matière organique morte transformée par les organismes du sol.

2. L'horizon mixte A : 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.

3. L'horizon lessivé E : 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.

4. L'horizon d'accumulation B : 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.

5. L'horizon d'altération S : Il est le siège de processus physico-chimiques et biochimiques aboutissant à la destruction des minéraux du sol (altération minérale)

6. C - roche-mère : peu altérée.

7. R roche-mère non altérée : Couche géologique à partir de laquelle se sont formés les sols.

3.3. Les profils pédologiques

Le profil pédologique est une coupe verticale du sol qui montre l'agencement et les caractéristiques des différents horizons du sol. En fonction des conditions climatiques, des processus géologiques et des pratiques humaines, un profil pédologique peut varier considérablement. Les profils pédologiques permettent de visualiser la profondeur et l'épaisseur des horizons et d'évaluer la structure et la fertilité du sol. Chaque profil pédologique peut être analysé selon ses horizons distincts, en tenant compte de :

- A. La texture du sol** (sableux, limoneux, argileux),
- B. La couleur** du sol, qui peut indiquer la présence de certaines substances, comme les oxydes de fer, ou refléter l'humidité et l'aération du sol,
- C. La porosité** et la structure, qui influencent la circulation de l'eau et l'oxygénation des racines.

1- La végétation: En surface, la litière constituée des feuilles mortes encore identifiables avec beaucoup d'air, abritent plantes et animaux vivants.

2- L'humus

Une terre noire et souple, riche en matières organiques, L'humus désigne la matière issue de la décomposition de matières organiques brutes comme feuilles (cette décomposition réalisée par les organismes du sol)

3- La couche arable

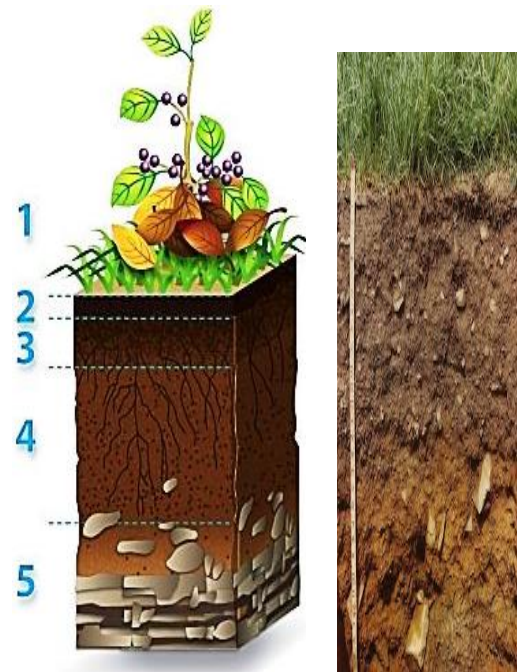
La couche dite arable, que l'homme peut travailler: mélange riche en humus et en minéraux.

4- Le sous-sol

Pauvre en humus, avec peu de traces de vie.

5- La roche mère

100% minérale, sans air, sans vie.



Exemple :



A- La couleur du sol

Lieu : Brésil, Pantanal

Climat : tropical subhumide

Date : 20 septembre 1986

Hauteur de la coupe : 120 cm.

Sol à profil calcaire différencié

Horizon 1 : organo-minéral = A.

La couleur, plus sombre en allant du bas vers le haut, est liée à la présence de matière organique.

Horizon 2 : altération à structure pédologique = S.

La couleur plus rouge est liée à la présence d'argile et de fer oxydé (hématite). Cet horizon n'est pas calcaire.

Horizon 3 : accumulation de calcaire = Bca puis Cca.

Les taches blanches sont des nodules de calcaire : ces nodules sont plus fins au sommet de l'horizon (3a = Bca). Cet horizon 3 est un encroûtement nodulaire.

La partie inférieure de l'horizon se développe dans la roche-mère altérée (il s'agit d'alluvions) : il s'agit alors d'un Cca (3b). Le sol est moyennement différencié.

La couleur du sol est un indice important de ses caractéristiques physiques et chimiques. Elle reflète la composition minérale, les conditions de drainage, l'humidité, la matière organique et les processus pédogénétiques en cours. La compréhension de la couleur des sols aide non seulement à la reconnaissance des types de sols, mais aussi à la gestion agricole, à l'aménagement du territoire et à la conservation de l'environnement.

1. Facteurs influençant la couleur du sol

La couleur du sol est principalement influencée par plusieurs facteurs liés à sa composition, son environnement et les processus qui affectent sa formation. Voici les principaux facteurs :

- **La minéralogie du sol** : La présence de certains minéraux, notamment des oxydes de fer et de manganèse, affecte directement la couleur du sol. Par exemple, les sols riches en fer ont tendance à être rouges, tandis que ceux avec des oxydes d'aluminium sont plus jaunes ou bruns.
- **L'humidité du sol** : Les sols secs ont des couleurs plus intenses et peuvent apparaître plus clairs ou plus sombres selon leur teneur en minéraux. Lorsqu'ils sont humides, la couleur peut se modifier en fonction de la saturation en eau et des processus d'oxydation et de réduction.
- **L'aération du sol** : L'oxygénation du sol affecte l'état des oxydes métalliques. Par exemple, dans un sol bien aéré, les oxydes de fer sont souvent rouges ou jaunes, tandis que dans un sol moins aéré, ils peuvent devenir gris ou bleus en raison de la réduction des ions ferreux.
- **La matière organique** : Les sols riches en matière organique ont souvent des couleurs foncées, comme les sols bruns ou noirs, qui sont caractéristiques des sols avec une grande teneur en humus.
- **Le pH du sol** : Le pH peut influencer la solubilité de certains minéraux et affecter ainsi la couleur du sol. Par exemple, un sol acide peut devenir plus rougeâtre en raison de la présence de fer dans sa forme oxydée (Fe^{3+}), tandis qu'un sol alcalin peut être plus beige ou jaune à cause de la présence de carbonates.
- **Les processus de gleyisation** : Dans les sols saturés en eau (comme les sols de zones marécageuses), les processus de réduction peuvent entraîner des couleurs gris-bleu ou vertes dues à la présence d'ions ferreux (Fe^{2+}).

2. Classification des couleurs des sols

La **couleur du sol** peut être décrite en termes de teinte (couleur), de valeur (clarté ou obscurité) et de chroma (intensité de la couleur). Ce système est souvent utilisé dans les études pédologiques pour caractériser les sols.

- ✚ **Rouge** : Les sols rouges sont souvent riches en **oxydes de fer** (hématite), particulièrement dans les climats chauds et humides. Cela indique généralement une bonne aération du sol.
- ✚ **Jaune** : Les sols jaunes sont également riches en **oxydes de fer**, mais sous forme de **goethite**. Cela peut signifier une humidité modérée ou une faible aération.

- ✚ **Brun** : Les sols bruns sont typiques des sols riches en matière organique, comme ceux des forêts tempérées ou des prairies. La présence d'humus et d'**oxydes de fer** leur donne cette couleur.
- ✚ **Gris** : Les sols gris ou gris-bleu sont souvent associés à des sols mal drainés ou saturés en eau (sols de gley), où les conditions d'anaérobiose favorisent la réduction des oxydes de fer.

B- Texture et structure du sol

La **texture** et la **structure** du sol sont deux propriétés physiques fondamentales qui influencent fortement les caractéristiques de fertilité, la gestion de l'eau, l'aération et la croissance des plantes. Bien qu'elles soient souvent confondues, la texture et la structure du sol désignent des aspects différents de son organisation physique. Ces deux propriétés sont essentielles pour comprendre et gérer les sols dans différents contextes agricoles, environnementaux et de gestion des terres.

1. La texture du sol

La **texture** du sol fait référence à la proportion relative des trois types de particules minérales qui le composent :

- **Le sable**
- **Le limon**
- **L'argile**

Les proportions de ces trois types de particules définissent la texture du sol, qui est cruciale pour ses propriétés physiques et son comportement face à l'eau et aux nutriments. Chaque type de particule a des caractéristiques distinctes qui influencent la rétention d'eau, la perméabilité et la capacité d'échange ionique du sol.

1.1. Les différentes particules du sol :

- **Sable** : Ce sont les plus grosses particules du sol (diamètre supérieur à 0,05 mm). Les sols sableux sont bien drainés, mais ils ont une faible capacité de rétention d'eau et de nutriments. Ils sont facilement aérés et chauffent rapidement au printemps.
- **Limon** : Les particules de limon sont plus petites que le sable (diamètre entre 0,002 et 0,05 mm). Les sols limoneux ont une capacité de rétention d'eau modérée, sont faciles à cultiver et ont une bonne fertilité.
- **Argile** : Ce sont les plus petites particules du sol (diamètre inférieur à 0,002 mm). Les sols argileux retiennent bien l'eau et les nutriments, mais ils sont souvent mal aérés et peuvent devenir lourds et compacts lorsqu'ils sont trop humides. Les sols argileux ont une faible perméabilité à l'eau.

1.2. Les différentes classes de texture :

En fonction des proportions relatives de sable, limon et argile, les sols peuvent être classés dans des catégories comme :

- **Sableux** : Un sol avec une proportion élevée de sable et peu de limon et d'argile.
- **Limoneux** : Un sol avec une proportion équilibrée de sable, limon et argile.
- **Argileux** : Un sol avec une proportion élevée d'argile.
- **Loam (lœss)** : Un sol bien équilibré avec environ 40 % de sable, 40 % de limon, et 20 % d'argile. Il est idéal pour la plupart des cultures en raison de sa texture modérée.

Le **triangle de texture** est un outil couramment utilisé pour classer la texture des sols en fonction de leur proportion de sable, de limon et d'argile. Il permet de déterminer rapidement le type de sol en fonction des valeurs de chaque fraction.

1.3. Impact de la texture sur les propriétés du sol :

- **Capacité de rétention d'eau** : Les sols argileux retiennent plus d'eau que les sols sableux. Les sols limoneux ont une capacité de rétention intermédiaire.
- **Perméabilité** : Les sols sableux sont très perméables et laissent l'eau s'écouler rapidement. Les sols argileux sont moins perméables, ce qui peut entraîner des problèmes de drainage.
- **Fertilité** : Les sols limoneux et argileux sont généralement plus fertiles, car ils retiennent mieux les nutriments que les sols sableux.

2. La structure du sol

La **structure** du sol fait référence à la manière dont les particules de sol (sable, limon, argile) s'agrègent et s'organisent pour former des agrégats. Ces agrégats peuvent être de tailles variées et peuvent influencer de manière significative la porosité, l'aération et le drainage du sol. La structure du sol est donc essentielle pour la gestion de l'eau, la circulation de l'air et la croissance des racines des plantes.

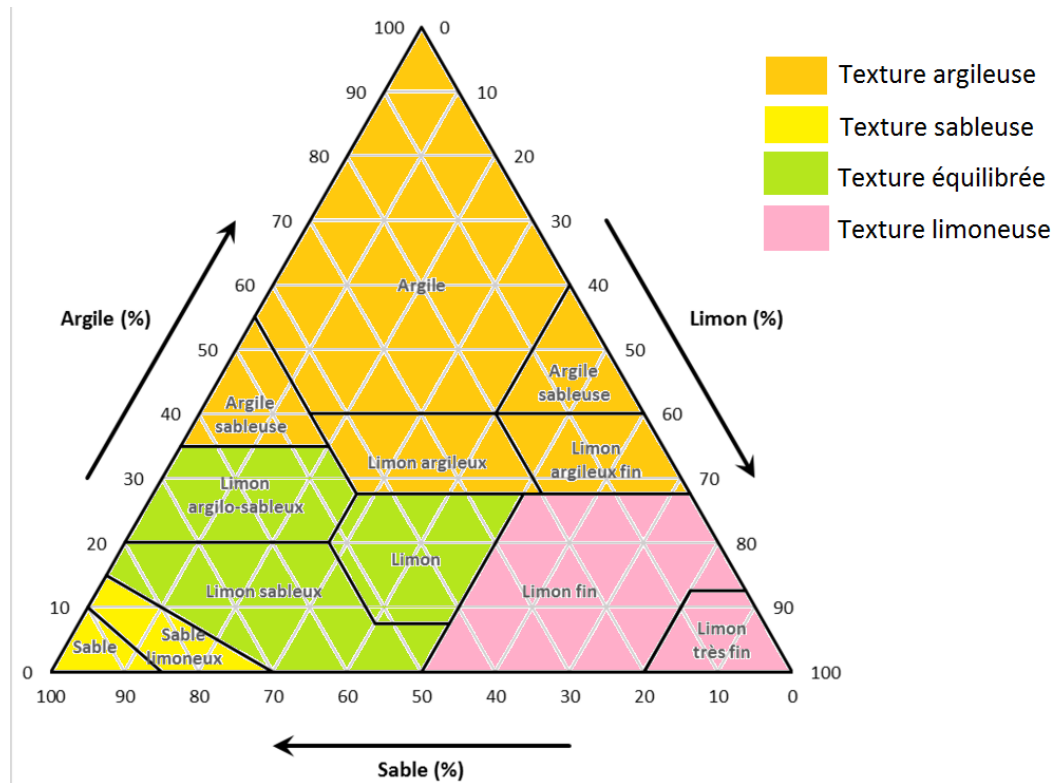
2.1. Facteurs influençant la structure du sol :

- **Type de sol** : Les sols argileux tendent à avoir une structure plus dense et plus compacte que les sols sableux, qui sont souvent plus aérés.
- **Activité biologique** : L'activité des racines des plantes, des vers de terre et d'autres organismes vivants dans le sol (comme les bactéries et les champignons) joue un rôle important dans la formation des agrégats du sol.
- **Humidité** : L'humidité du sol peut influencer la formation et la stabilité des agrégats. Un sol trop sec ou trop humide peut entraîner des problèmes de compaction ou de déstructuration des agrégats.
- **Labour et travail du sol** : L'agriculture intensive ou les pratiques de labourage peuvent détruire la structure du sol, rendant celui-ci plus compact et moins aéré, ce qui peut nuire à la pénétration de l'eau et à la croissance des racines.

2.2. Impact de la structure sur les propriétés du sol :

- **Porosité et aération** : Une bonne structure permet une meilleure circulation de l'air dans le sol, ce qui est essentiel pour la respiration des racines et la vie des micro-organismes. Les sols avec une structure agrégée ont généralement une meilleure aération et sont plus propices à la croissance des plantes.

- **Drainage** : Les sols avec une structure bien formée ont un meilleur drainage, évitant les problèmes d'eau stagnante et de suffocation des racines. En revanche, les sols compacts ou mal structurés peuvent retenir trop d'eau et créer des conditions de saturation nuisibles.
- **Accessibilité aux racines** : Une bonne structure favorise la pénétration des racines dans le sol. Les sols avec une structure granulaire ou prismatico-granulaire permettent aux racines de se développer facilement.



3.4. La couverture pédologique

La couverture pédologique fait référence à la répartition et à la diversité des sols sur une vaste étendue géographique, que ce soit à l'échelle locale ou régionale. Cette couverture est influencée par une combinaison de facteurs climatiques, géologiques, biologiques et topographiques. La carte de la couverture pédologique d'une région permet de connaître la distribution des types de sols et de comprendre comment ils interagissent avec le paysage environnant. L'étude de la couverture pédologique permet d'évaluer la capacité des sols à supporter différentes formes d'usage et de gestion du territoire, notamment pour l'agriculture, la conservation, ou l'aménagement.

La couverture pédologique peut inclure des sols :

1. **Agricoles** : Les sols cultivables qui sont gérés pour produire des cultures.

2. **Forestiers** : Les sols qui supportent les forêts et les écosystèmes forestiers.
3. **De montagne** : Les sols formés dans les zones montagneuses, souvent caractérisés par des pentes et des roches-mères fragmentées.
4. **Humides** : Les sols des zones marécageuses ou inondées, riches en matières organiques et souvent saturés d'eau.

Chapitre 4. L'eau du sol

I- Introduction

L'eau joue un rôle fondamental dans la formation et le développement des sols ainsi que dans le bon fonctionnement des écosystèmes terrestres. Elle est essentielle pour la croissance des plantes, la régulation thermique du sol et l'activité microbienne.

L'eau présente dans le sol peut se diviser en plusieurs catégories en fonction de sa mobilité et de sa disponibilité pour les plantes. On distingue trois types principaux d'eau dans le sol :

- **L'eau gravitationnelle** : L'eau qui descend sous l'effet de la gravité, rapidement drainée vers les couches profondes ou les nappes phréatiques.
- **L'eau capillaire** : L'eau qui reste dans les pores du sol et qui peut être utilisée par les plantes. Elle est retenue par les forces capillaires.
- **L'eau hygroscopique** : L'eau qui est fortement adsorbée à la surface des particules de sol et qui n'est généralement pas disponible pour les plantes.

1. Fonction osmotique

La **fonction osmotique** de l'eau dans le sol est liée à la capacité de l'eau à se déplacer en fonction des différences de concentration en solutés. Dans le sol, l'osmose permet à l'eau de se déplacer depuis les zones où la concentration en soluté (comme les sels dissous) est plus faible vers celles où elle est plus élevée. Ce mécanisme est essentiel pour l'absorption de l'eau par les racines des plantes, car les racines créent une différence de potentiel osmotique qui permet l'absorption de l'eau du sol.

2. Fonction d'imbibition

L'**imbibition** est le processus par lequel l'eau pénètre dans un matériau (comme le sol) en raison de ses propriétés hygroscopiques et de l'attraction entre l'eau et les surfaces solides.

Cette absorption d'eau entraîne une expansion des matériaux du sol, particulièrement dans les sols argileux. L'imbibition joue un rôle clé dans la rétention de l'eau dans le sol, surtout après des périodes de sécheresse, lorsque l'eau pénètre dans les pores du sol.

3. Capillarité

La **capillarité** est le phénomène par lequel l'eau monte dans les petits pores du sol contre la gravité. Ce phénomène est dû aux forces d'adhésion entre l'eau et les particules de sol (principalement les particules d'argile) et aux forces de cohésion entre les molécules d'eau. L'eau capillaire est celle qui est la plus disponible pour les plantes, car elle est retenue dans les pores les plus fins du sol.

4. Potentiel hydrique

Le **potentiel hydrique** de l'eau dans le sol est une mesure de l'énergie disponible de l'eau pour se déplacer ou être absorbée par les plantes. Il dépend de plusieurs facteurs, tels que le potentiel matriciel (lié à la rétention d'eau dans les pores du sol), le potentiel osmotique (lié à la présence de solutés dissous) et la pression ou la tension dans le sol. Le potentiel hydrique permet d'expliquer comment l'eau se déplace à travers le sol, du sol humide vers les zones plus sèches.

5. Capacité au champ

La **capacité au champ** est la quantité d'eau que le sol peut retenir après un drainage libre (par exemple, après une pluie). Cette eau est principalement sous forme d'eau capillaire et elle est disponible pour les plantes. Les sols ayant une forte capacité au champ peuvent stocker plus d'eau pour les plantes, tandis que les sols sableux, qui ont moins de fines particules, ont une capacité au champ plus faible.

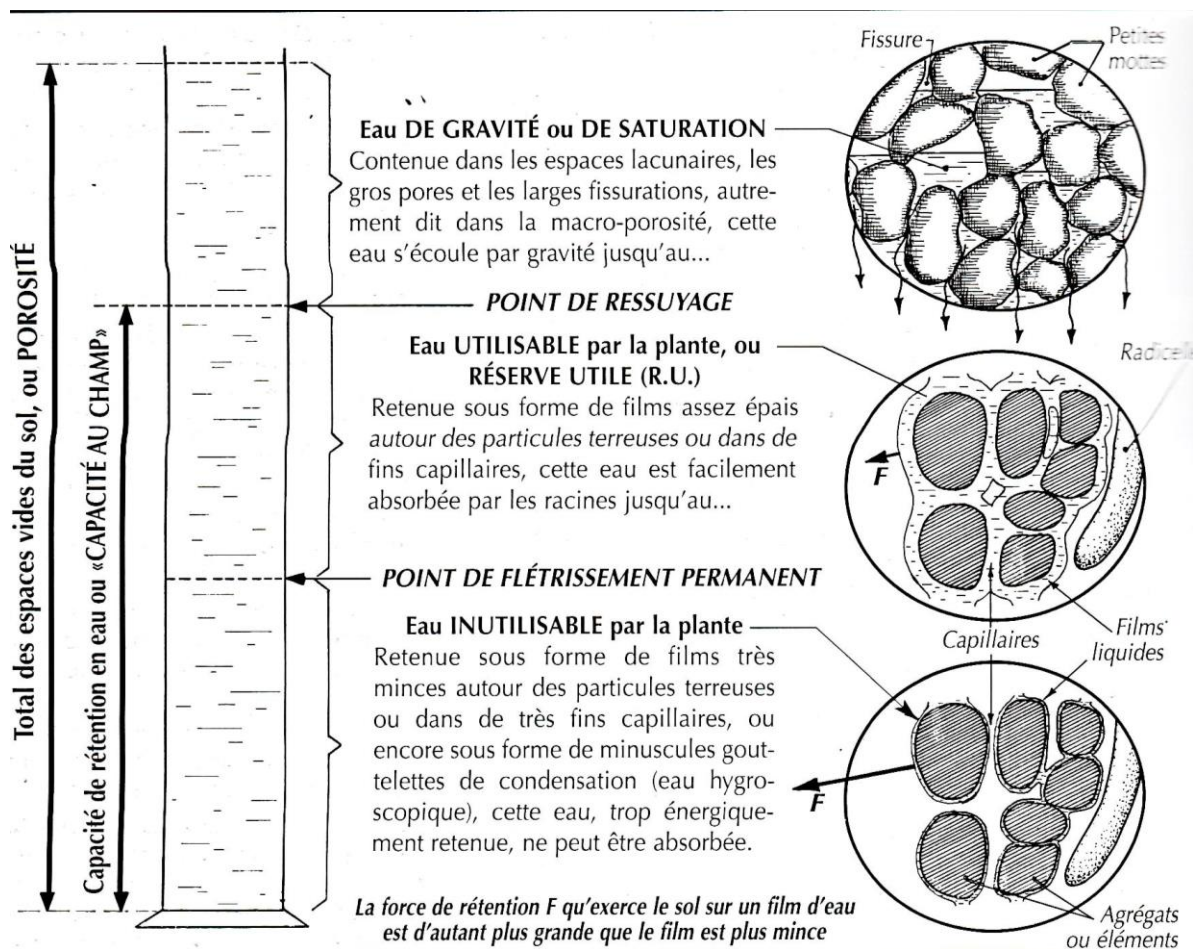
6. Point de flétrissement

Le **point de flétrissement** est la tension d'eau dans le sol à partir de laquelle l'eau devient trop difficilement accessible pour les racines des plantes, et celles-ci commencent à se faner. Cela se produit lorsque l'eau dans le sol est retenue par des forces de tension trop fortes (au-delà de la capacité de la plante à extraire l'eau). Ce point est généralement mesuré à une pression de 1,5 MPa, à partir de laquelle l'absorption d'eau par les racines devient très difficile.

II- Origine de l'eau absorbée

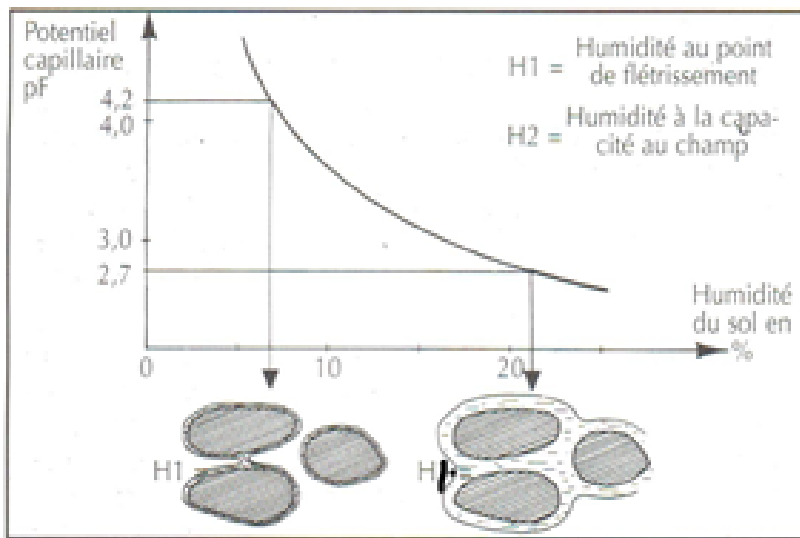
L'eau absorbée par les plantes provient principalement de deux sources :

- **L'eau de pluie** : L'eau qui pénètre dans le sol à la suite des précipitations. Elle est stockée dans les pores du sol et peut être utilisée par les racines.
- **L'eau souterraine** : Dans certaines régions, les racines des plantes peuvent puiser de l'eau dans les nappes phréatiques ou les aquifères, particulièrement dans les sols profonds.

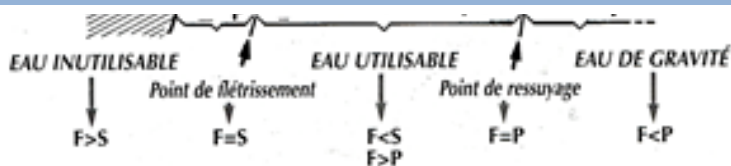


Le potentiel capillaire ou pF mesure la force de succion de l'eau par le sol « pF ou potentiel capillaire »

Titre : Variation du potentiel capillaire pF en fonction de l'humidité du sol



Plus le sol est humide, moins le potentiel capillaire pF, ou force d'attraction de l'eau par le sol est élevé. Plus le sol s'assèche, plus le potentiel capillaire s'élève.



La pesanteur entraîne l'eau tant que P est supérieure à F, ces 2 forces s'égalisant au point de ressuyage, l'eau est alors disponible pour les racines, Mais au point de flétrissement, F devient supérieure à S: l'eau n'est plus utilisable.

Chapitre 5. L'atmosphère du sol

L'atmosphère terrestre est la couche de gaz qui enveloppe la Terre et qui est retenue par la gravité. Elle joue un rôle fondamental pour la vie sur notre planète, car elle permet notamment de maintenir une température stable et d'offrir l'oxygène nécessaire à la respiration des êtres vivants.

5.1. Composants de l'atmosphère

L'atmosphère terrestre est principalement composée de :

- **Azote (N₂)** : environ 78 %.
- **Oxygène (O₂)** : environ 21 %.
- **Argon (Ar)** : environ 0,93 %.
- **Dioxyde de carbone (CO₂)** : environ 0,04 % (bien que cette proportion varie en fonction des activités humaines).
- **Autres gaz** : y compris de la vapeur d'eau (H₂O), du néon (Ne), de l'hélium (He), du méthane (CH₄), du krypton (Kr), et de l'hydrogène (H₂).

5.2. Rôle de l'atmosphère

L'atmosphère joue plusieurs rôles cruciaux pour la Terre :

- **Protection contre les radiations solaires** : La couche d'ozone dans la stratosphère protège la Terre des rayonnements UV nocifs.
- **Maintien de la température** : L'effet de serre naturel, causé par des gaz comme le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau et le méthane, permet de retenir une partie de la chaleur, ce qui rend la vie possible en maintenant des températures modérées.
- **Régulation du climat** : L'atmosphère permet la circulation des masses d'air et des courants océaniques, ce qui influence les conditions climatiques à travers la planète.
- **Transfert de l'oxygène et du dioxyde de carbone** : Elle permet la respiration des êtres vivants et participe au cycle du carbone, essentiel à la vie.

L'équilibre de l'atmosphère est fragile et peut être perturbé par des activités humaines, telles que l'émission de gaz à effet de serre, qui contribue au réchauffement climatique, ou la dégradation de la couche d'ozone.

5.3. Besoins en Oxygène dans l'air du sol

Le fonctionnement des racines et de leurs mycorhizes ainsi que l'activité microbologique du sol, sont très sensibles à l'accessibilité de l'oxygène dans le sol.

Exemple : Quand le taux d'oxygène du sol est inférieur à 1% les racines meurent. Comme l'air du sol n'est qu'en partie de l'oxygène, cela signifie qu'un taux de macroporosité inférieur à 10% du volume total de sol entraîne une réduction quasi-complète de l'activité des racines.

La concentration en CO₂ est moins modifiée par un manque de porosité que celle en O₂ car,

- ✓ d'une part la solubilité du CO₂ dans l'eau est largement supérieure à celle d'O₂,
- ✓ et d'autre part la production principale de CO₂ a lieu dans le sol Le manque d'O₂ dans le sol est synonyme d'asphyxie.

5.4. Les différentes formes d'asphyxie du sol

Les différentes formes d'asphyxie du sol sont dues :

- **À une texture fine** : un sol fin et limoneux a tendance à se tasser sous l'effet de la pluie pour créer une croûte à la surface (battance) ce qui limite les échanges gazeux avec

l'atmosphère. Le sol est donc imperméable en surface et devient asphyxiant pour les racines et les micro-organismes du sol.

- **À une structure compactée** : Le sol est imperméable à l'eau et à l'air, il est asphyxiant pour les micro-organismes du sol et les racines. De plus le développement racinaire est difficile ainsi que le travail du sol.
- **À l'hydromorphie** : le sol est gorgé d'eau et dépourvu d'oxygène à plus ou moins long terme. Il est donc extrêmement asphyxiant pour les végétaux. Il faut procéder au préalable à des travaux d'aménagement (drainage...) pour y installer des végétaux.

Référence :

1. **Schlesinger, W. H.** (2013). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Elsevier.
2. **McBratney, A. B., Mendonça Santos, M. L., & Minasny, B.** (2003). *On Digital Soil Mapping*. *Geoderma*.
3. **Hillel, D.** (2008). *Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life*. Academic Press..
4. **Blume, H.P., & Kunstmann, H.** (2007). *Soils and Landscape Evolution*. Springer.
5. **Brady, N.C., & Weil, R.R.** (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th ed.). Pearson Education.
Hillel, D. (2004). *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier Academic Press.
6. **Duchaufour, P.** (2001). *Pedologie: Pédogenèse et classification des sols*. Armand Colin.
7. **Soil Survey Staff** (1993). *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. USDA-Natural Resources Conservation Service.
8. **Birkeland, P.W.** (1999). *Soils and Geomorphology*. Oxford University Press.
Ce texte discute des processus de formation des horizons pédologiques et de leur rôle dans la classification et la gestion des sols.
9. **Schaetzl, R.J., & Anderson, S.** (2005). *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press.