

Introduction





Le sol contient:


1. **Matières minérales** (roche \pm altérée)
2. **Matières organiques** mortes ou vivantes (= biomasse)
3. Des éléments (particules, éléments dissous et gaz) provenant ou rejoignant **l'atmosphère et l'hydrosphère (H_2O)**

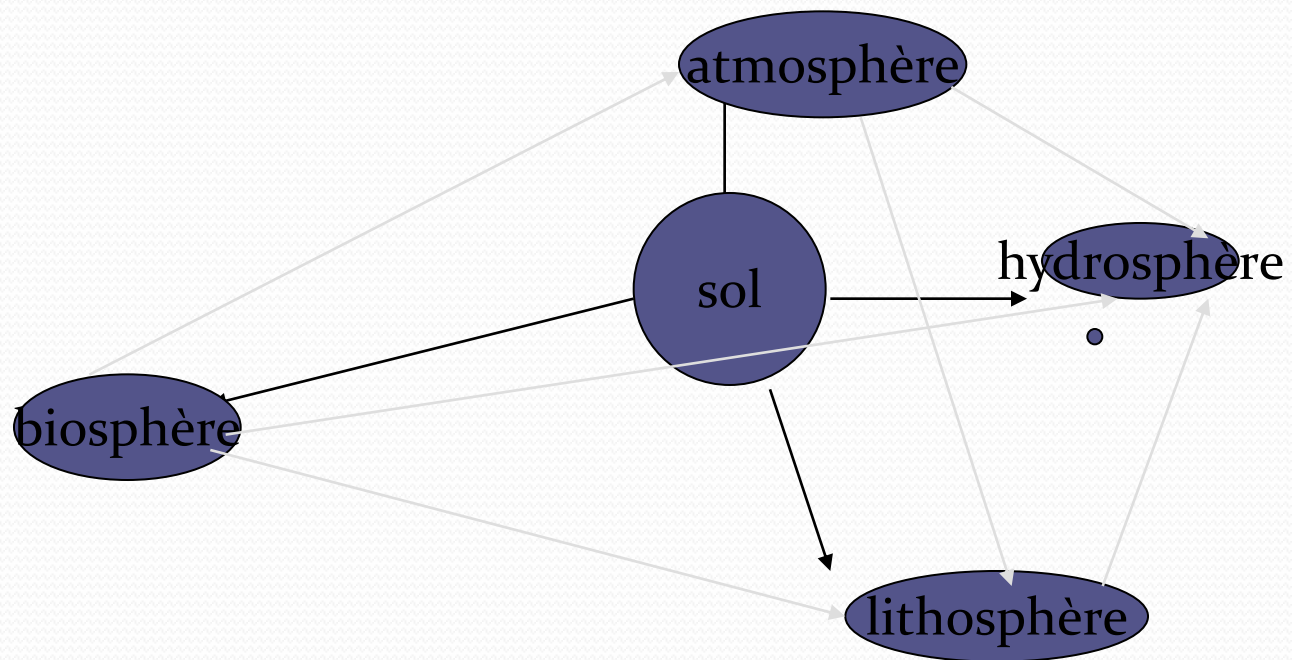
Sol: définitions

- Le sol est l'épiderme, la couche superficielle de la Terre, épaisse de quelques millimètres à plusieurs dizaines de mètres. Il recouvre les deux tiers des terres émergées mais seules 22% de ces dernières sont cultivables (soit seulement 5,5% de la surface totale de la planète).

- 
- Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre présentant une double variabilité spatiale et temporelle.
 - Le sol est le résultat d'une interaction dynamique entre le milieu physique lithosphère et le milieu biologique biosphère. On retrouve aussi plusieurs définitions suivants le contexte.

- 
- Support mécanique: pour l'homme, engins bâtiments.
 - Définition agronomique : support des plantes et cultures en relation l'alimentation de l'homme ,liée aussi aux civilisations.
 - Définition pédologique: le sol provient de l'altération des roches colonisées par la biosphère.


- 
- Def.écologique: milieu tri phasique au carrefour de la biosphère et de la lithosphère.
 - Conception actuelle:-le sol est un milieu poreux avec des caractéristiques variable dans l'espace et dans le temps .c'est un système ouvert c'est-à-dire que le sol représente un volume qui du point de vue thermodynamique est ouvert .il existe des échanges de matière et d'énergie entre ce volume et son environnement.





Les fonctions du sol.


- Fonctions écologiques:
production de biomasse, permanence de biodiversité.
- Fonction épuratrice et régulatrice:
le sol à un rôle de filtre, de tampon entre l'atmosphère et la lithosphère, de réaction chimique permettant les échanges .c'est une fonction essentielle à la protection de l'environnement, à la gestion des déchets et à la qualité des nappes d'eau.



- 
- Fonctions techniques-socio économiques et culturelles:
 - Le sol est la base spatiale du développement et de l'évolution des sociétés.
 - Source de matériaux bruts :argile ,sable ...
 - Le sol est un héritage géogénique et culturel formant le socle du paysage dans lequel nous vivons, mémoire de notre histoire(archéologie)

- 
- Approche patrimonial: attachement des peuples à la terre, religions et civilisations.
 - Le sol est aussi un support de l'application de la politique d'aménagement .
 - Support de l'activité agricole: le sol est une ressource fragile. L'agriculture traditionnelle à permis de sédentariser.les agriculteurs toujours respectueux du sol en tant que ressource.

- 
- L'agriculture moderne: industrielle, productiviste, consommatrice de ressources naturelles provoque l'exode vers les centres urbains, tournée vers le court terme, atteindre un niveau d'autosuffisance alimentaire. Résultats: processus souvent irréversibles dégradation, destruction-érosion-salinisation-pollution.

- 
- Prise de conscience: agriculture biologique, agriculture durable.
 - Fonction réceptacle de déchets, il absorbe nos rejets et déchets en utilisant une de ses caractéristique essentielle qui est son pouvoir épurateur.

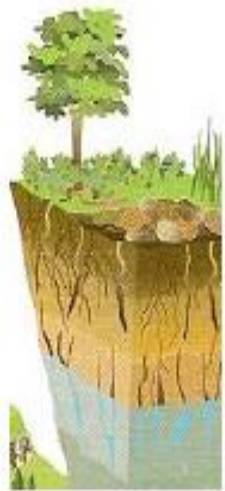
Définition de Jean BOULAIN, *Géographie des sols* :

« Le sol est une **structure quadridimensionnelle** (une surface et un volume évoluant dans le temps) dans laquelle persistent ou transitent :

- les résidus et les produits de **l'altération de la couche minérale superficielle du globe**,
- les matières organiques mortes ou vivantes de **la biomasse**,
- les éléments provenant de **l'atmosphère**, soit de façon accidentelle, soit de façon cyclique. »

5 facteurs sont distingués:

- a. Climat (atmosphère / hydrosphère)
- b. Relief (lithosphère)
- c. Roche-mère (lithosphère)
- d. Temps (aspect dynamique)
- e. Etres vivants (biosphère)



Atmosphère

Evaporation
Gaz à effet serre

Précipitations
Température



Biosphère

Support mécanique
Support nutritif

Litière
Humification
Structuration
Éléments toxiques



Réserve en eau
Remontée capillaire

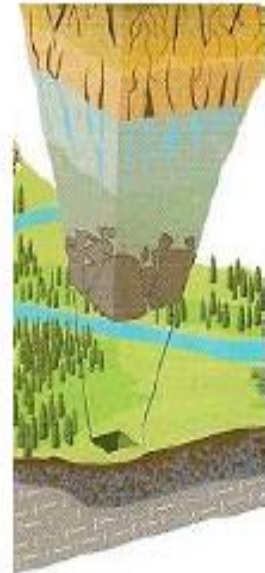
Lessivage
Filtration
Ruissellement
Érosion

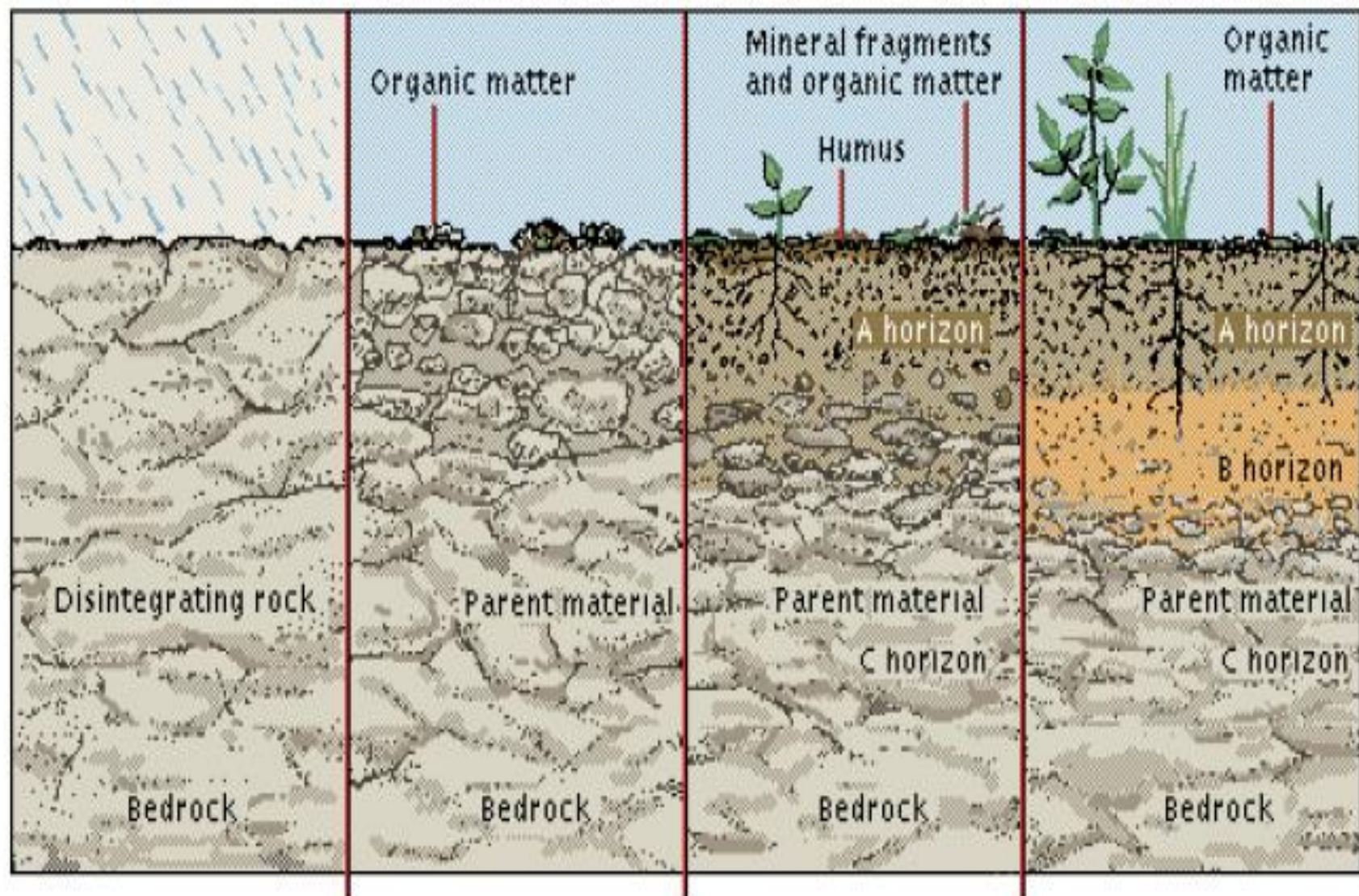
Hydrosphère

Altération
Éléments nutritifs

Sédimentation

Lithosphère





Bedrock begins to disintegrate

I

Organic materials facilitate disintegration

II

Horizons form

III

Developed soil supports thick vegetation

IV

temps en centaines d'années

➤ **Variation saisonnière liée au climat** (exemple d'une croûte de battance)



2a

Forte présence de matière organique

Gros agrégats de terre, pas de croûte de battance

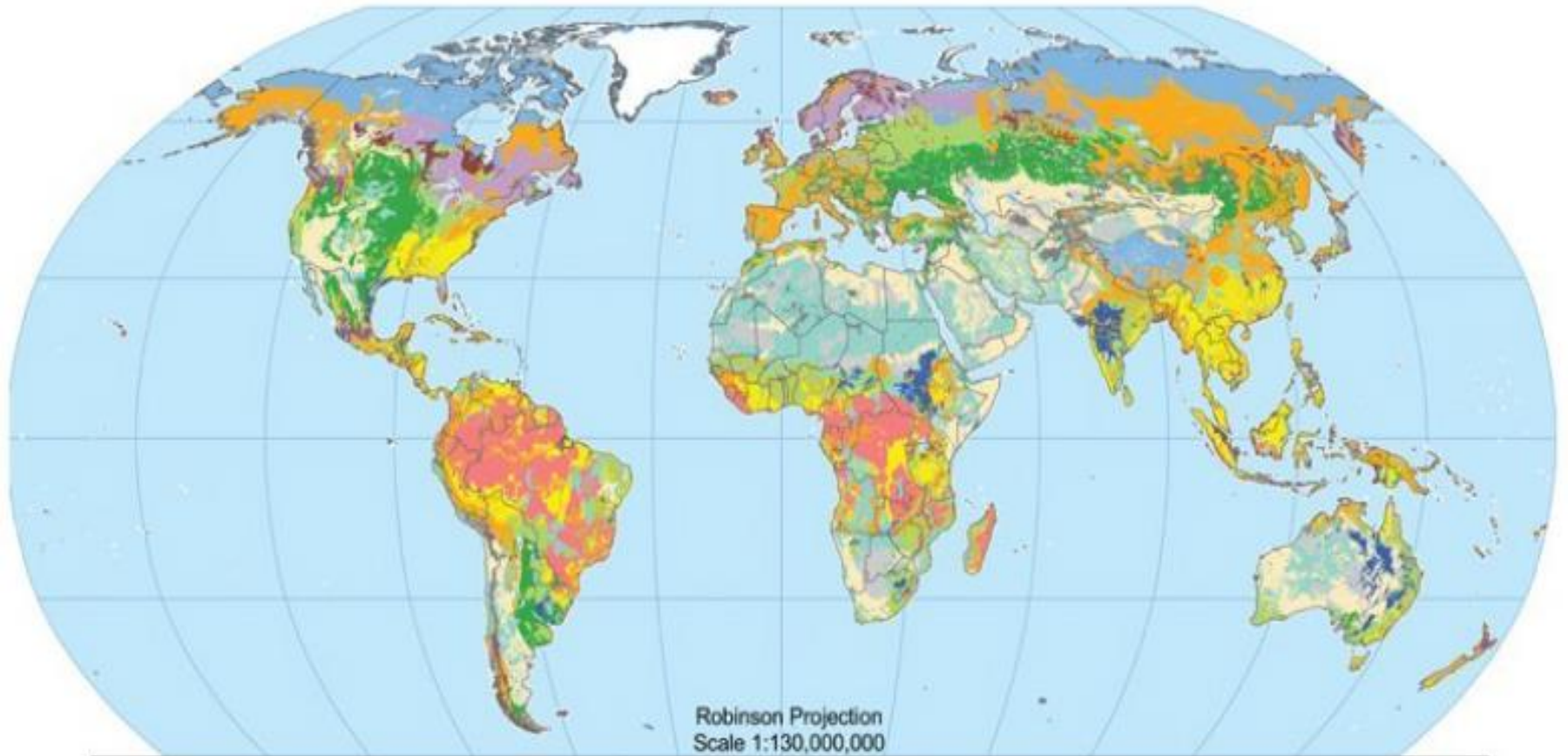


2b
















Impacts de gouttes de pluie

Croûte de battance, déjà formée en octobre

Global Soil Regions



Soil Orders

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  Alfisols |  Entisols |  Inceptisols |  Spodosols |  Rocky Land |
|  Andisols |  Gelisols |  Mollisols |  Ultisols |  Shifting Sand |
|  Aridisols |  Histosols |  Oxisols |  Vertisols |  Ice/Glacier |

Climat humide = Sols ferrugineux ou Oxisols (sols rouges)



(c)Kurty.net
2006

Climat humide/sec = Cuirasse ferrugineuse

Laterite



Climat méditerranéen ou tropical sec = Vertisol (smectites ou argiles gonflantes)

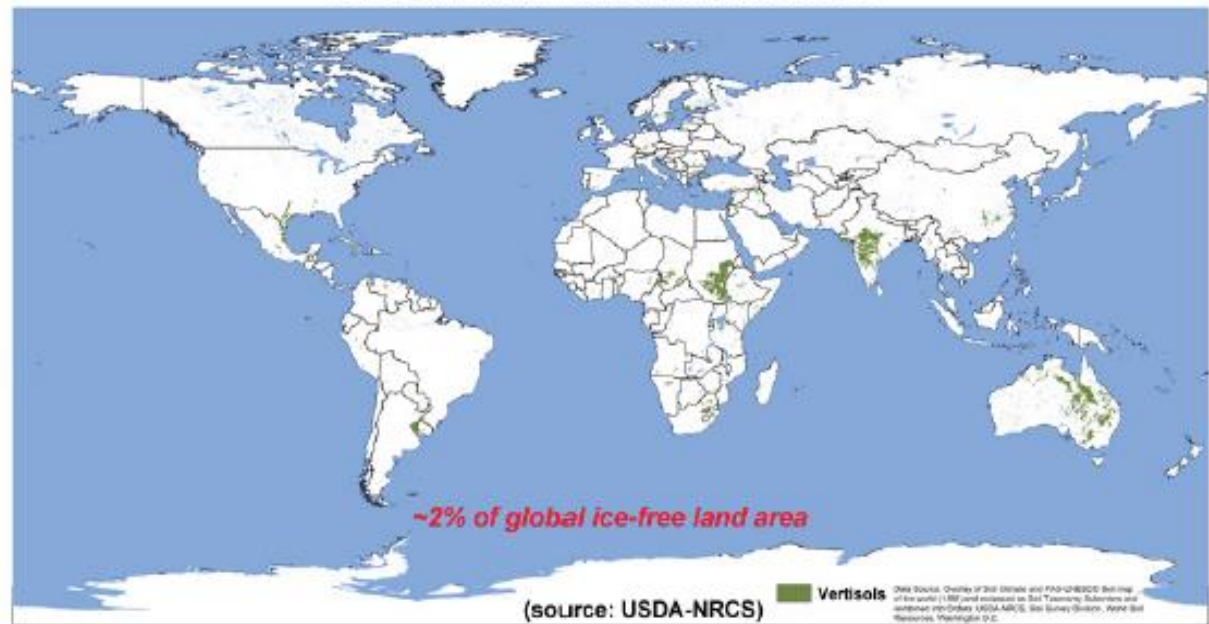
Sol caractéristique de ce type de climat: climat chaud à fortes alternances saisonnières dont une saison sèche très marquée



Vertisol



Global Distribution of Vertisols



Climat tempéré = Sol riche



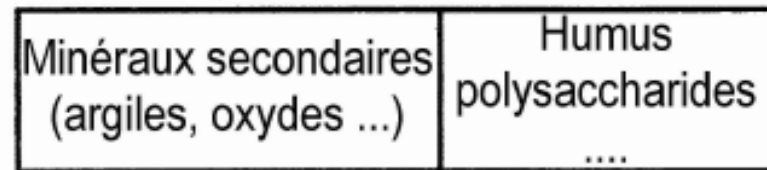
Climat froid = Sol blanc / Podzol



Principales étapes de la formation des sols

Etape 1: altération des roches et minéraux primaires

Etape 2: décomposition de la matière organique et humification



association
organo-minérale
(complexe argilo-humique, CAH)

Etape 3:
aggrégation et formation des horizons

2-3 m

150 m



Horizon A

Horizon B

Horizon C: Roche-mère très altérée
avec beaucoup d'argiles (kaolinites)

Roche mère : Complexe
volcanique antémiocène

Sols ferrallitiques
rouges, contenant des
oxydes de fer



**Végétaux
avec racines**

**Horizon O
Humus**

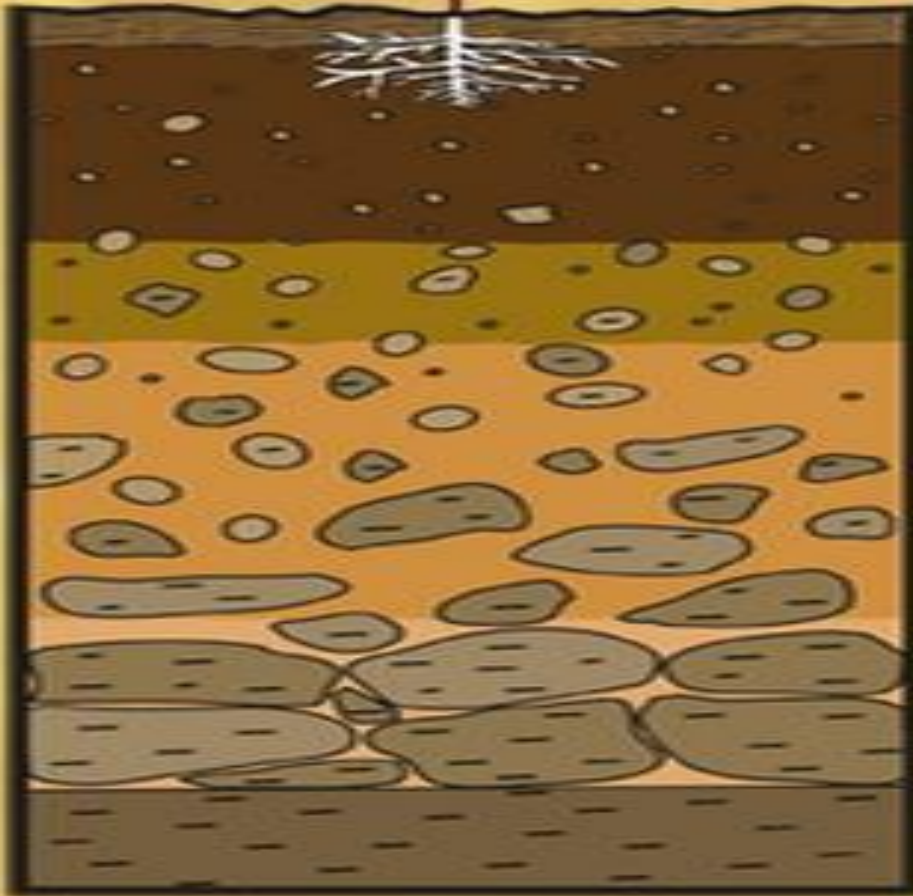
**Horizon A
présence de M.O.**

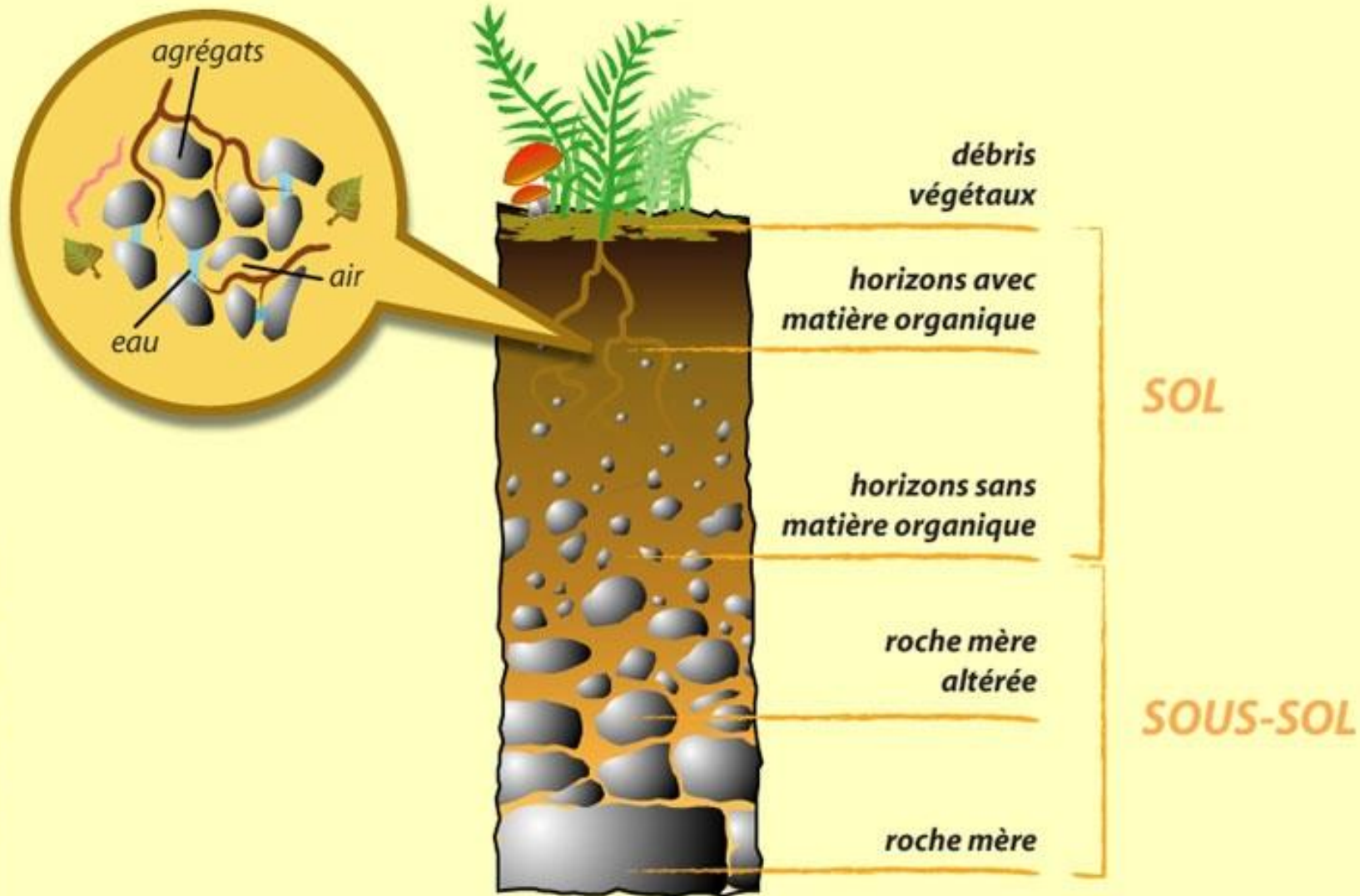
**Horizon E
appauvri en M.O.**

**Horizon B
enrichi en M.O.**

**Horizon C
Roche mère altérée**

**Horizon R
roche mère saine**





2. *Profils pédologiques de différents types de sol*

C'est une vue en coupe du sol sur laquelle on distingue différentes couches appelées horizons. Ce profil permet de connaître l'évolution, les avantages et inconvénients du sol pour une culture (infiltration de l'eau, développement des racines, présence de matière organique....)



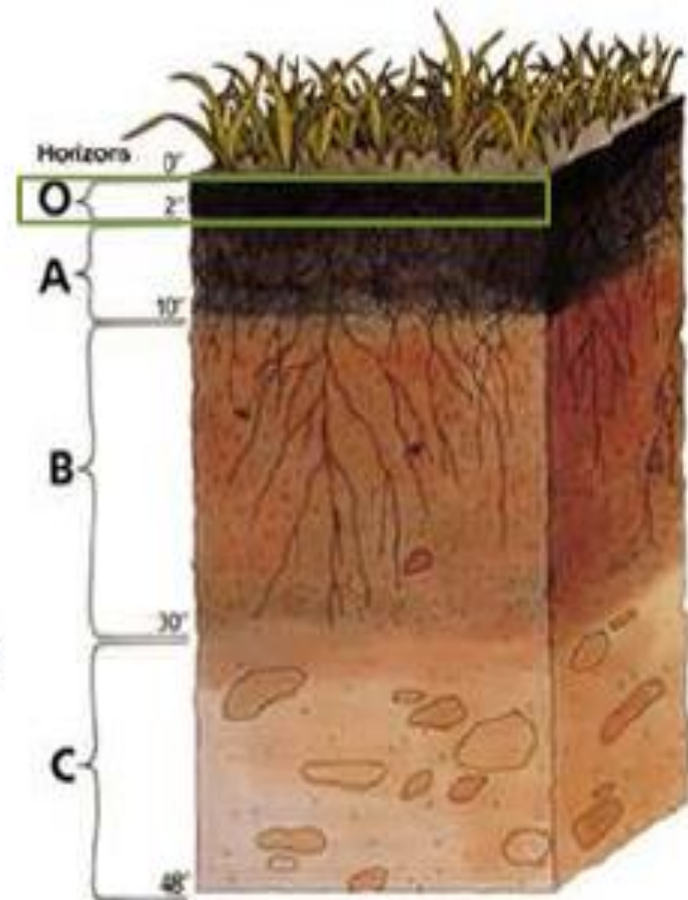
Le sol se développe à partir de la surface de la roche en couches superposées appelées horizons qui forment un profil pédologique.

Les différents types de sols sont caractérisés par différents types de profils, successions de ces horizons qui se développent différemment suivant le climat, le milieu, la nature de la roche sous-jacente et la végétation :

- A partir du haut se forment les horizons d'origine organique appelés "**horizons A**".
- A partir du bas se forment les horizons d'origine minérale ou inorganiques appelés "**horizons B**".
- La lettre **C** désigne le matériau d'origine, la lettre **R** désigne ce matériau lorsqu'il est consolidé sous forme de roche.

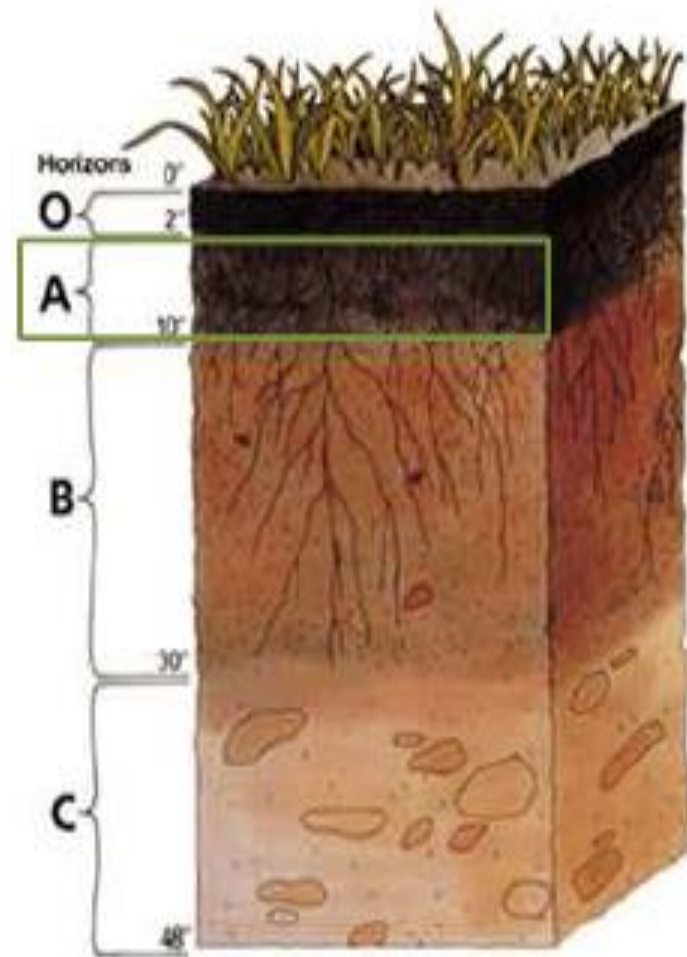
L'horizon O

- Horizon ou couche H
 - Matériau dominant organique
 - Accumulation de MO \pm décomposée
 - Saturation en eau pendant de longues périodes
- Horizon ou couche O
 - Matériau dominant organique
 - Litière non ou partiellement décomposée
 - Pas de saturation en eau pendant de longues périodes



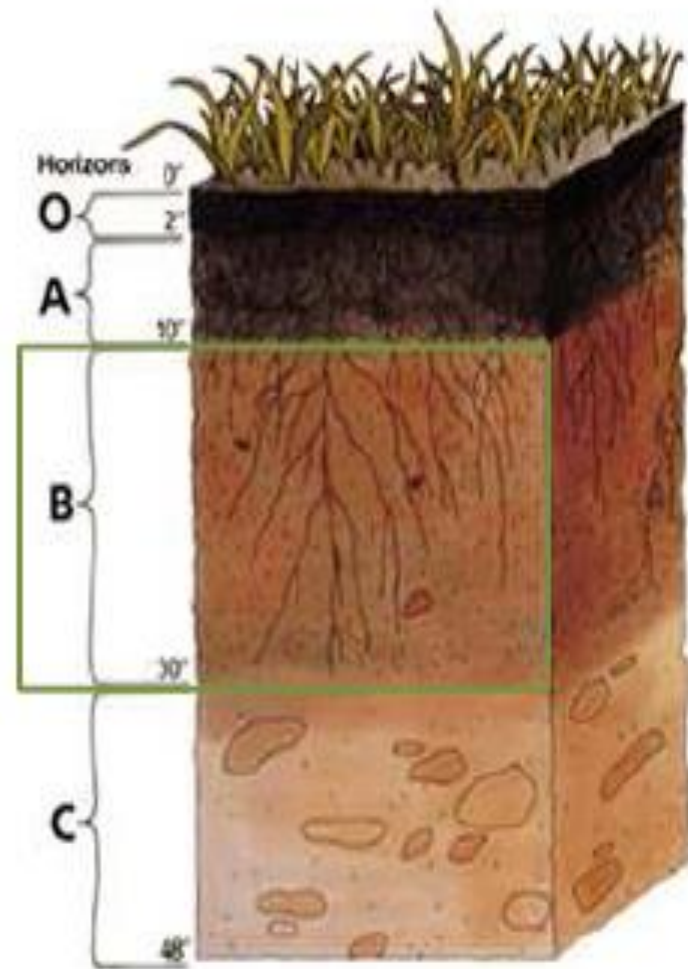
L'horizon A

- Horizon A
 - Horizon organo-minéral, formé en surface ou sous l'horizon O
 - Accumulation de MO humifiée mixée intimement avec la fraction minérale
 - Forte activité biologique
 - Présence de racines de plantes
 - Horizons biomacrostructurés, horizons d'insolubilisation, horizons de juxtaposition



L'horizon B

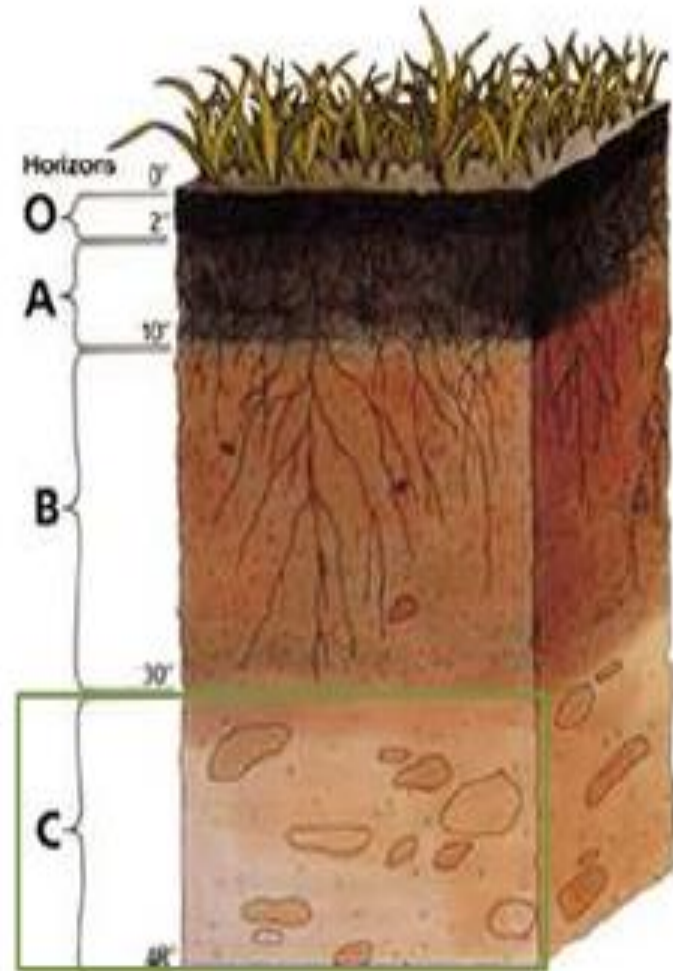
- Horizon B
 - Formé sous H, O, A, E
 - Disparition ± totale des caractères de la roche initiale
 - Concentration illuviale d'argile, Fe, Al, MO, carbonates, gypse, silice, seuls ou en combinaison, altération permettant la formation d'argiles silicatées et/ou la libération d'oxydes, formation d'une structure granulaire, polyédrique ou prismatique, aspect cassant



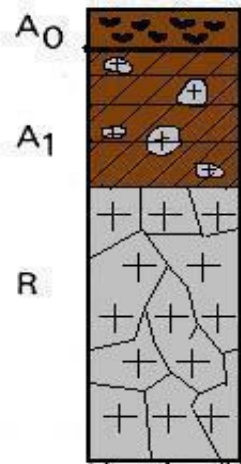
L'horizon C

- Horizon ou couche C
 - A la base du sol, en continuité avec la roche-mère
 - Horizon peu affecté par des processus pédogénétiques, n'ayant pas les propriétés des horizons H, O, A, B
 - Fragmentation et altération de la roche-mère sans modification des structures

- Horizon R
 - Roche dure sous-jacente au sol

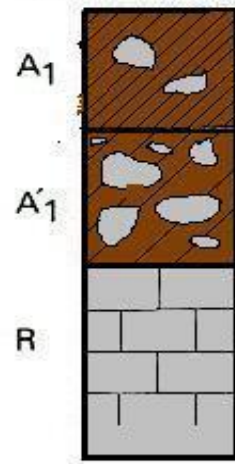


DIFFERENTS TYPES DE SOLS



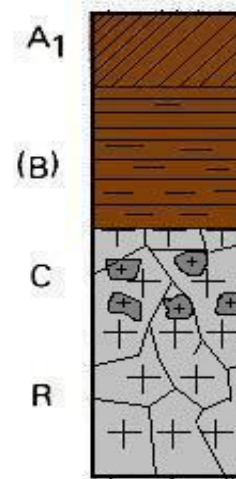
1 Ranker

A0A1+humus moder
Etage alpin occupé par
pelouse ou lande



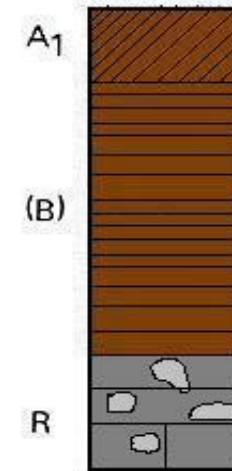
2 Rendzine

A1 très humifère
parsemé de cailloux
calcaires



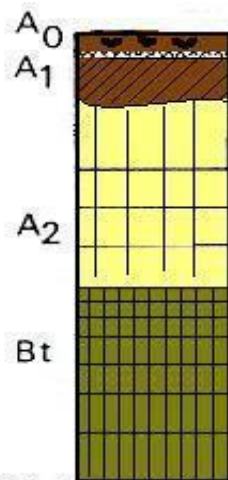
3 Sol brun type

ABC avec A1=mull et
B coloré en brun par
oxydes de fer



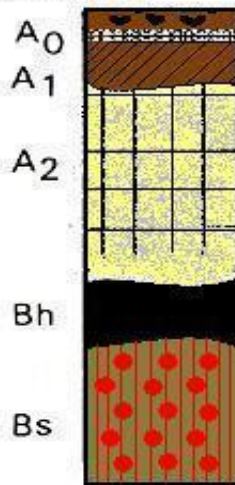
4 Sol brun calcaire

contiennent encore du
calcaire actif dans
l'horizon B



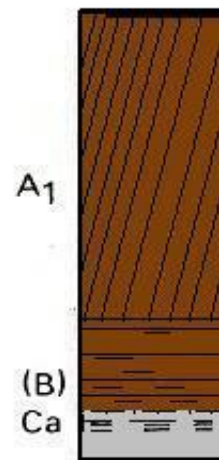
5 Sol lessivé acide

différent des sols bruns par
intervention secondaire du
lessivage



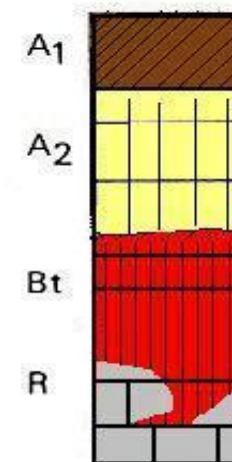
6 Podzol

Sols cendreaux : A0
épais=mor, A2
cendreaux décoloré, B



7 Chernozem

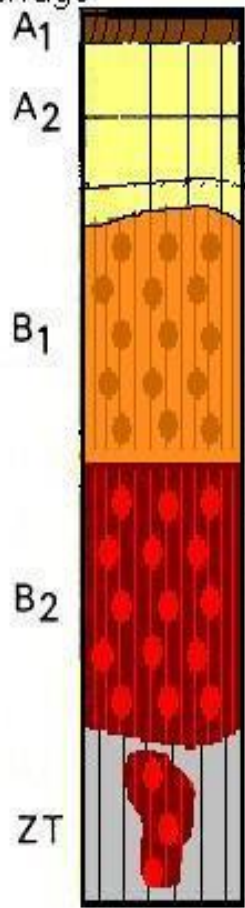
Sols à forts contrastes
saisonniers
A1 sans carbonate. B



8 Sol fersiallitique

Sols
méditerranéens :
humus=mull. A2. Bt

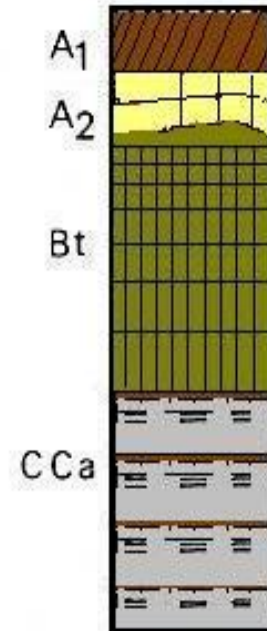
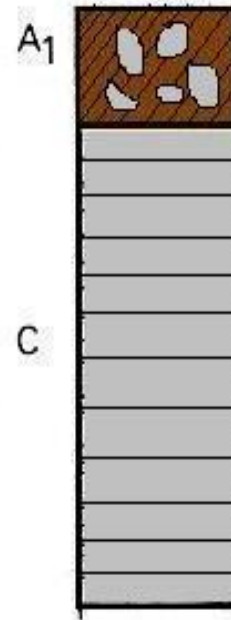
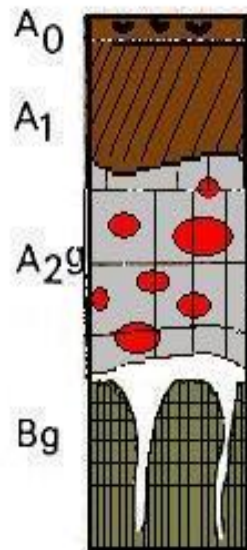
lessivage



cenereux decolore, B
enrichi en éléments
amorphes avec Bh :
bande noire riche en
matière organique et
Bs : accumulation
d'oxydes

A1 sans carbonate, B
peu épais
Vertisols = variétés à
forte teneurs en argiles
gonflantes

humus=mull, A2, Bt
rouge vif à
polyèdres



9 Sol ferrallitique

partie profonde : "roche
pourrie" surmontée de zone
tachetée, mull peu
épais, B1: ocre à goethite, B2
rouge à hématite

10 Pseudogley

Sol hydromorphe, humus=mull,
A1 épais et foncé, A2g gris
beige à taches de rouille, Bg :
plancher de la nappe, traînées
verticales blanches

11 Solontchack

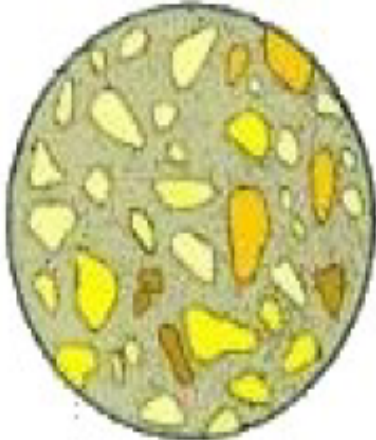

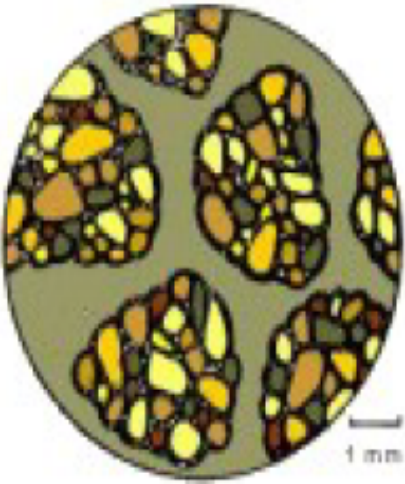
Sol salsodique ("salé") avec
ions Na+

12 Solonetz

Sol alcalin lessivé avec argiles
sodiques formant un horizon Bt

► Comment préciser la structure d'un sol ?

On définit la structure du sol comme le mode d'organisation des différentes particules de sable, de limon et d'argile entre elles. Les particules isolées, une fois assemblées, apparaissent comme des particules plus grosses appelées grumeaux. Ces grumeaux s'organisent en agrégats. Ainsi on distingue la structure compacte, la structure particulaire (meuble) et la structure grumeleuse appelée aussi structure fragmentaire.

| | | |
|--|---|---|
| <p>Éléments sableux noyés dans une masse d'argile: sol imperméable à l'air et à l'eau : le sol est asphyxiant.</p> | <p>Éléments sableux de taille variable sans aucune liaison: le sol est filtrant.</p> | <p>Ensemble de grains de sable et de limon liés en agrégats. Le sol est perméable et assure une bonne aération.</p> |
|  <p>Structure compacte</p> |  <p>Structure granulaire</p> |  <p>Structure grumeleuse</p> <p>1 mm</p> |

50 μm

débris végétaux

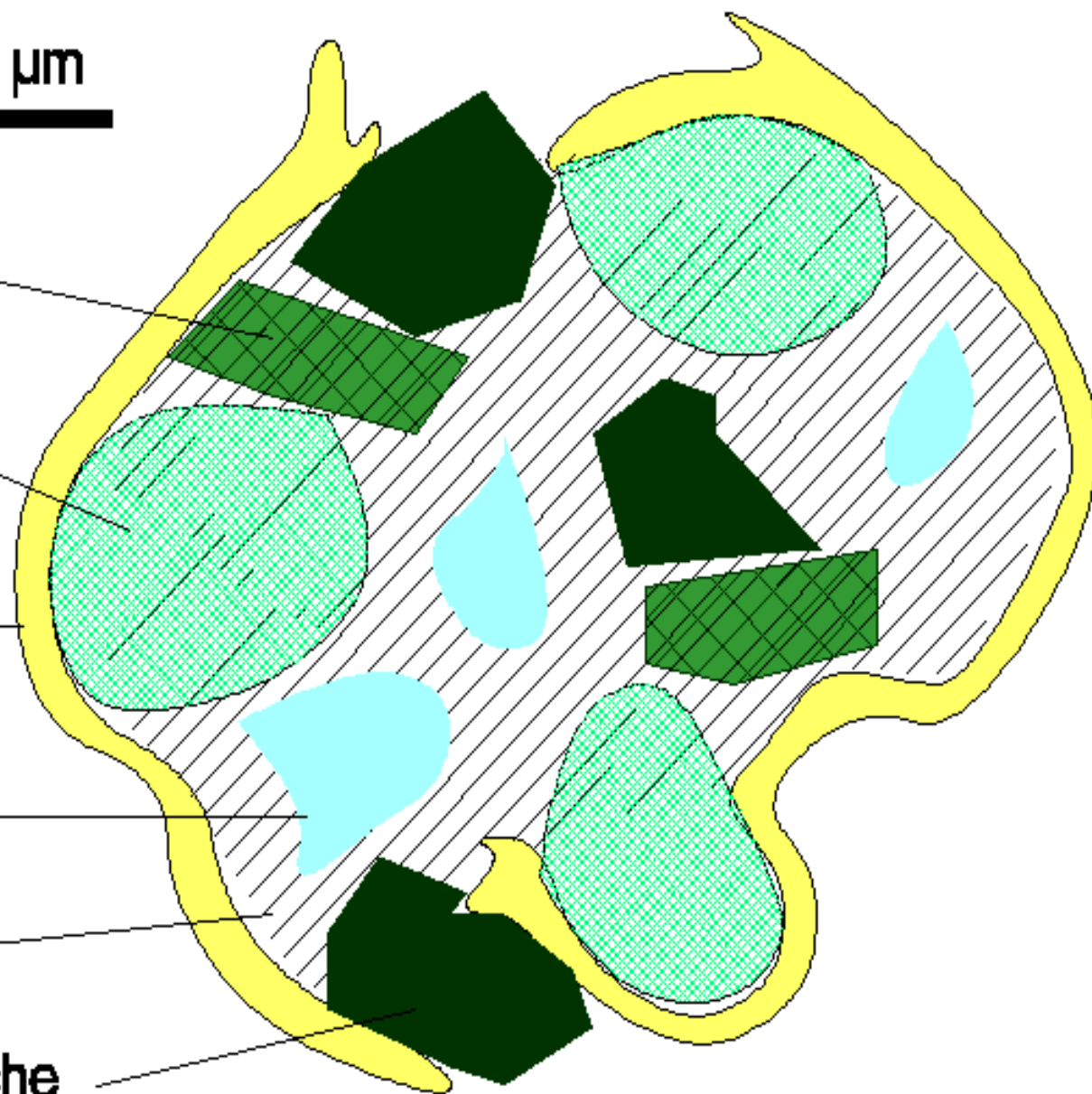
microagrégat

hyphe

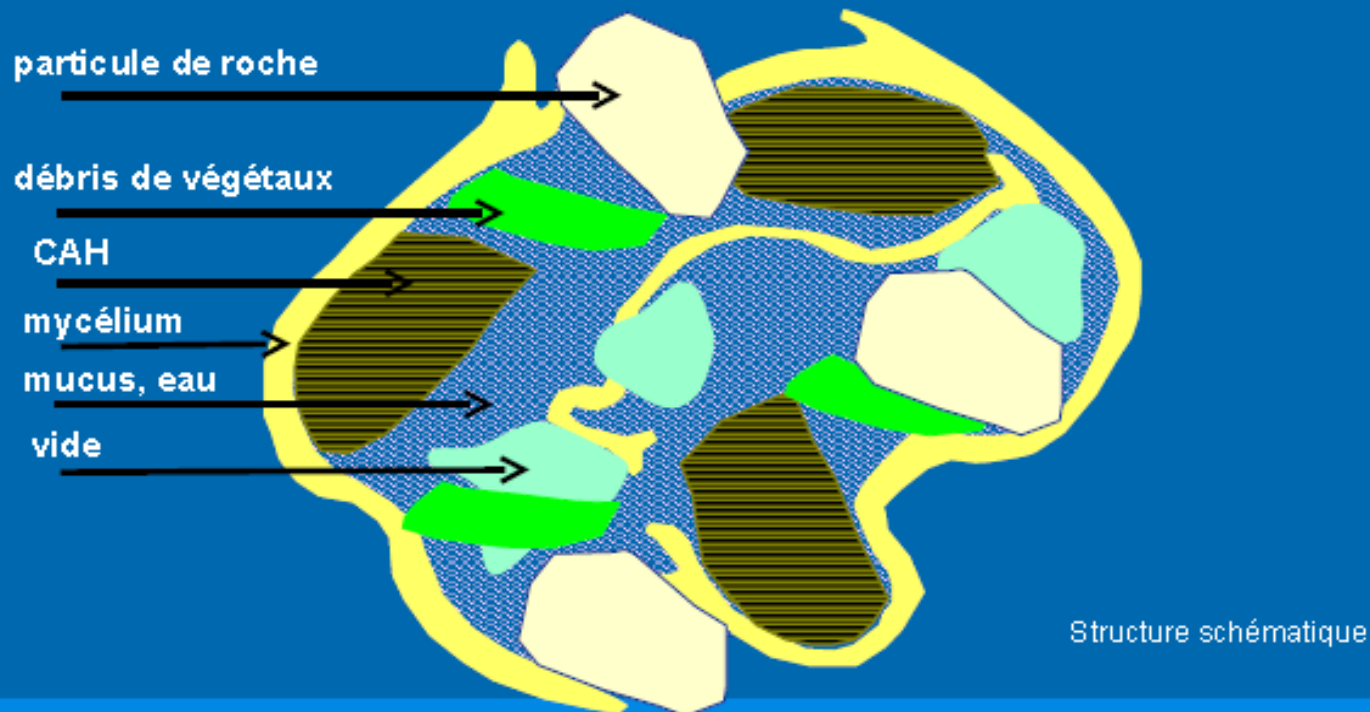
vide

ciment

fragment de roche

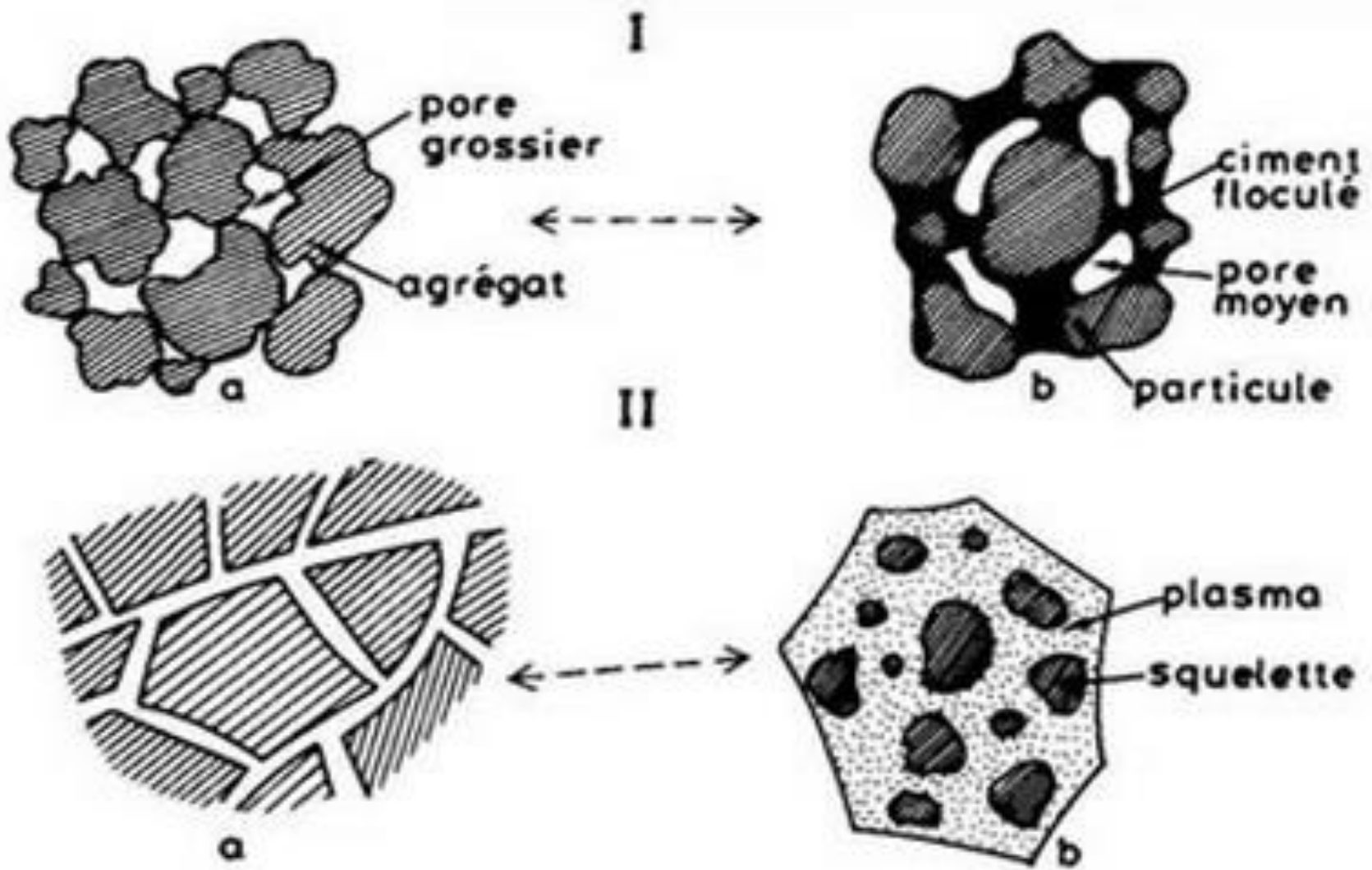


STRUCTURE D'UN AGREGAT



Ces agrégats s'assemblent plus ou moins sous l'action conjuguée des cycles de dessiccation – humectation, de l'activité de la microfaune du sol, du gel-dégel et des racines, pour former des sols à structure (i) grumeleuse, (ii) lamellaire, (iii) polyédrique.

Leurs analyses permet d'estimer les propriétés mécaniques, la circulation de l'eau (et sels dissouts) ainsi que des gaz dans le sol.



**Structures construites (I) et fragmentaires (II) ;
a : structure ; b : microstructure.**

| Types de textures | Types de sols | Travail du sol |
|--------------------|---|----------------------------------|
| Texture argileuse | Sols lourds, riches en argiles, mal aérés, imperméables, mais assez riche en éléments nutritifs | Difficiles à travailler. |
| Texture sableuse | Sols légers, souvent secs, bien aérés, riche en sables, mais pauvre en réserves d'eau et en éléments nutritifs | Faciles à travailler. |
| Texture limoneuse | Sols assez massifs, riches en limons. | Sols peu perméables et mal aérés |
| Texture équilibrée | Sols présentant toutes les qualités des précédentes. Les proportions granulométriques idéales pour un sol seraient : 40 % de sables, 35 % de limons et 25 % d'argile. | Faciles à travailler. |

Analyse en laboratoire:

Le but de l'analyse des sols est d'apporter toute information complémentaire, destinée à documenter l'utilisateur sur une série de caractères essentiels qu'il n'est pas possible d'apprécier directement, par un examen morphologique.

Suivant le but poursuivi, les déterminations effectuées et les techniques utilisées sont très diverses.

Pour ne retenir que l'exemple des sols de nos régions et en vue de leur caractérisation générale, on peut procéder aux déterminations suivantes.

- Analyse granulométrique

- Acidité:

pH (eau)

Acidité d'échange

- Matière organique:

teneur en carbone

teneur en azote

rapport C/N: indice global de la qualité de la matière organique

- Capacité d'échange cationique et degré de saturation

- Éléments dits "assimilables" ou, mieux, "échangeables"

- Eventuellement, teneur en calcaire

- Stabilité de la structure

- Eau utile.

Tableau simplifié d'identification des textures d'un sol

| Texture du sol | Sol sec | Sol humide |
|---|--|--|
| Sols sableux | <ul style="list-style-type: none">- grains de sables visibles à l'œil nu- coule entre les doigts comme du sucre- granuleux, rugueux, abrasif | <ul style="list-style-type: none">- ne colle pas entre les doigts ; rude et abrasif au toucher- poignée de terre : aucun moule- se modèle très difficilement, se brise au toucher, impossible de former un boudin |
| Sols limoneux | <ul style="list-style-type: none">- apparence poudreuse ou farineuse- impression soyeuse (talc), doux au toucher | <ul style="list-style-type: none">- très doux et glissant comme du savon au toucher ; peu collant- poignée de terre : faible moule, se manipule avec soin- possible de former un boudin ; il est craquelant et se morcelle si on essaie de le plier |
| Sols argileux | <ul style="list-style-type: none">- formé de mottes très dures, difficiles à briser | <ul style="list-style-type: none">- très collant ; lisse et brillant au toucher- poignée de terre : moule très robuste ; plus le sol conserve sa forme longtemps, plus il contient d'argile- se modèle très facilement ; possibilité de former un long boudin flexible |
| Sols loameux (40 % sable, 40 % limon, 20 % d'argile) | <ul style="list-style-type: none">- sol un peu granuleux, légèrement farineux- peut être manipulé avec précaution, sans en briser les mottes | <ul style="list-style-type: none">- un peu collant et un peu granuleux au toucher- poignée de terre : faible moule, ne se manipule pas- formation d'un boudin qui se fendille |

III. La matière minérale

La matière minérale, résultant de la dégradation de la roche-mère, est constituée d'éléments que l'on peut distinguer principalement par leur nature minéralogique (calcaire, siliceuse) ou par leur taille. La distinction des dimensions des constituants ou granulométrie est la plus importante car c'est la taille qui conditionne les propriétés des éléments minéraux du sol.

C'est ainsi que l'on définit les fractions granulométriques suivantes :

- les particules de taille supérieure à 2 mm
- les particules de taille comprise entre 2 mm et 0,002 mm
- les particules de taille inférieure à 0,002 mm.

1. *Echelle granulométrique*

La terre fine représente toutes les particules inférieures à 2 mm, et celles supérieures à 2 mm sont appelées éléments grossiers. Les constituants de la terre fine sont classés selon une échelle granulométrique.

Ces différents constituants sont en proportions très variables dans les sols et leur répartition influence de nombreuses propriétés du sol.

| 2μ | 20μ | 50μ | $0,2\text{mm}$ | 2mm | 2cm | |
|------------|-----------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------|
| Argile | Limon fin | Limon grossier | Sable fin | Sable grossier | graviers | cailloux |
| Terre fine | | | | | Éléments grossiers | |

2. *Les propriétés des différents constituants :*

a. Les éléments grossiers

Dans le sol, les éléments grossiers, qui sont des fragments de roches n'ont qu'un rôle de division du sol. En trop grande quantité (plus de 20 % du poids de terre), ils gênent le travail du sol et le cheminement des racines.

b. Les éléments sableux et limoneux

Ils proviennent de la désagrégation de la roche et possèdent donc la même nature que les minéraux de la roche; ils peuvent être :

- **Siliceux** : ce sont alors des grains de quartz provenant de roches cristallines, ou de grès, pratiquement inaltérables et ne libérant donc pas d'éléments utiles à l'alimentation de la plante ; ils sont formés de grains de micas, de feldspaths, à altération lente mais continue et libèrent ainsi des éléments (potassium, phosphore) utiles aux plantes ;
- **Calcaires** : ils proviennent des roches calcaires; le calcaire est important dans le sol car il libère le calcium.

Les sables et le limons constituent le "squelette" du sol; leurs propriétés, principalement physiques, varient selon la taille :

- **Les sables** par les grands espaces qu'ils créent, favorisent la perméabilité du sol (on dit que le sol est "**filtrant**"), l'aération, le réchauffement du sol (par une meilleure circulation de l'air).
- **Les limons**, du fait de leur taille plus fine, peuvent être néfastes lorsqu'ils dominent car le sol a alors tendance à se tasser sous l'effet des pluies (on dit que le sol est "**battant**" = formation d'une croûte en surface après une pluie) et à retenir l'eau en surface entraînant un risque d'asphyxie des racines des plantes.

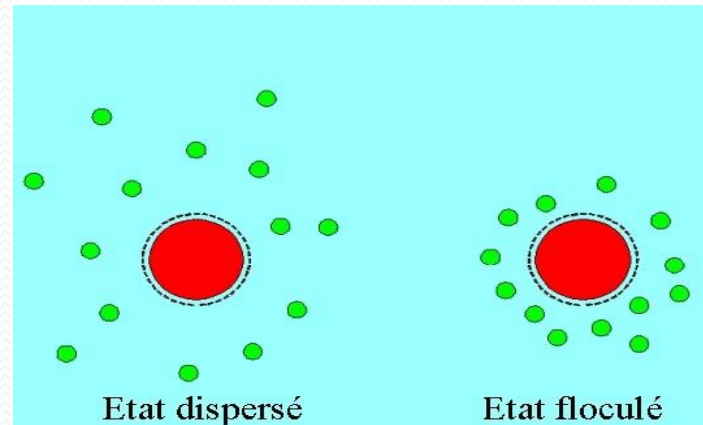
c. L'argile

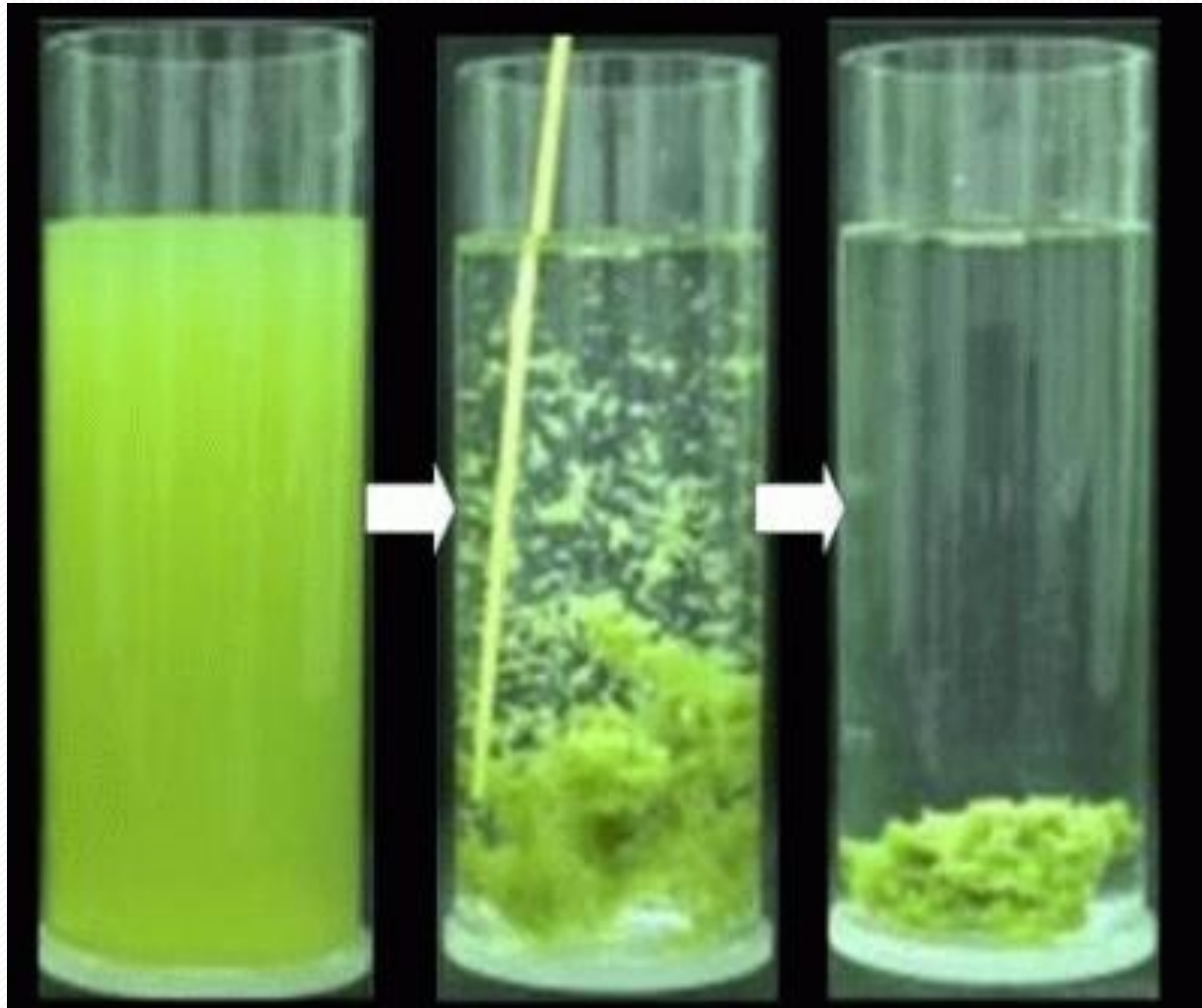
Elle est de taille inférieure à 2 microns, possède les propriétés d'un **colloïde**.

Un colloïde est une substance qui peut se maintenir en suspension dans l'eau du fait du mouvement perpétuel d'agglomérats de molécules appelées micelles.

Ce mouvement s'explique par la présence de charges électriques de même signe sur les molécules qui ont alors tendance à se repousser. Il suffit de neutraliser ces charges électriques pour que la suspension s'agglomère en flocons au fond de l'eau; d'où la mise en évidence de deux états différents chez un colloïde

- l'état dispersé caractérisant la suspension
- l'état floculé





Les colloïdes peuvent être électropositifs ou électronégatifs.

L'argile est un colloïde électronégatif et sa floculation résultera donc de l'apport de charges électriques positives sous forme d'ions positifs (ou cations) dits flocculant.

Selon les ions, le pouvoir flocculant est variable et on retient en général l'ordre suivant:

| | | | | | | | | | | |
|-----------|---|-----------|---|-----------|---|-----------|---|----------|---|--------|
| H^+ | > | Ca^{++} | > | Mg^{++} | > | K^+ | > | NH_4^+ | > | Na^+ |
| hydrogène | | calcium | | magnesium | | potassium | | ammonium | | sodium |

L'argile a un rôle essentiel dans le sol puisque, à l'état flocculé, elle enrobe les particules de sable et de limon, donnant ainsi au sol une structure.

Propriétés de l'argile

- L'argile **fixe des ions** à sa surface grâce à l'attraction électrique des ions positifs; ce pouvoir de fixation sera étudié plus loin; il est variable selon le type d'argile; en effet, il existe dans les sols trois principaux types d'argile: la kaolinite, la montmorillonite, l'illite.
- L'argile est très **hydrophile**: l'absorption de l'eau peut-être élevée et provoque le gonflement de l'argile qui peut alors devenir imperméable. En séchant, l'argile a tendance à se rétracter et former des fentes de retrait, fendillement caractéristiques des sols argileux.
- L'argile est **plastique**: son aptitude à être modelée la fait utiliser en poterie et en construction.
- L'argile est **adhérente** : elle a la propriété de coller aux outils de travail du sol.

IV. La matière organique

La matière organique d'un sol est difficile à cerner à un instant donné car elle évolue continuellement.

Les constituants organiques d'un sol se distinguent en quatre fractions principales :

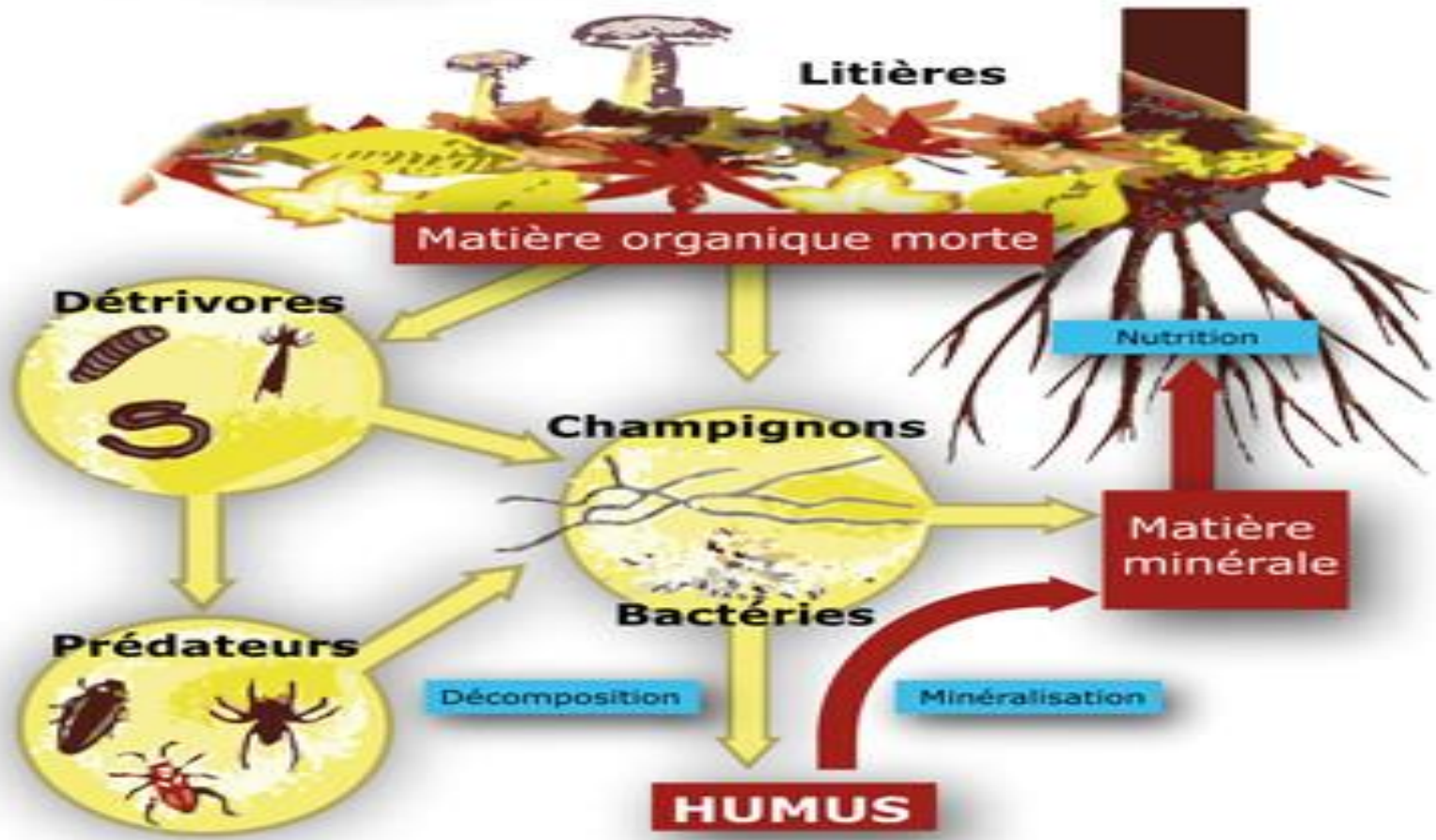
- **La matière organique fraîche**, formée de résidus de végétaux restitués au sol, peu décomposés, que l'on individualise facilement.
- **Les composés organiques "transitoires"** comprenant des produits simples (sucres, acides organiques, cellulose).
- **L'Humus stable** substances plus complexes beaucoup plus durable dans le sol.
- **Les éléments microbiens** regroupant les microorganismes du sol.

Ces différentes fractions sont le résultat de l'évolution de la matière organique dans un sol (humification) :



- Bactéries et actinocètes
- Champignons et algues
- Vers de terre
- Protozoaires et nématodes
- Autres animaux

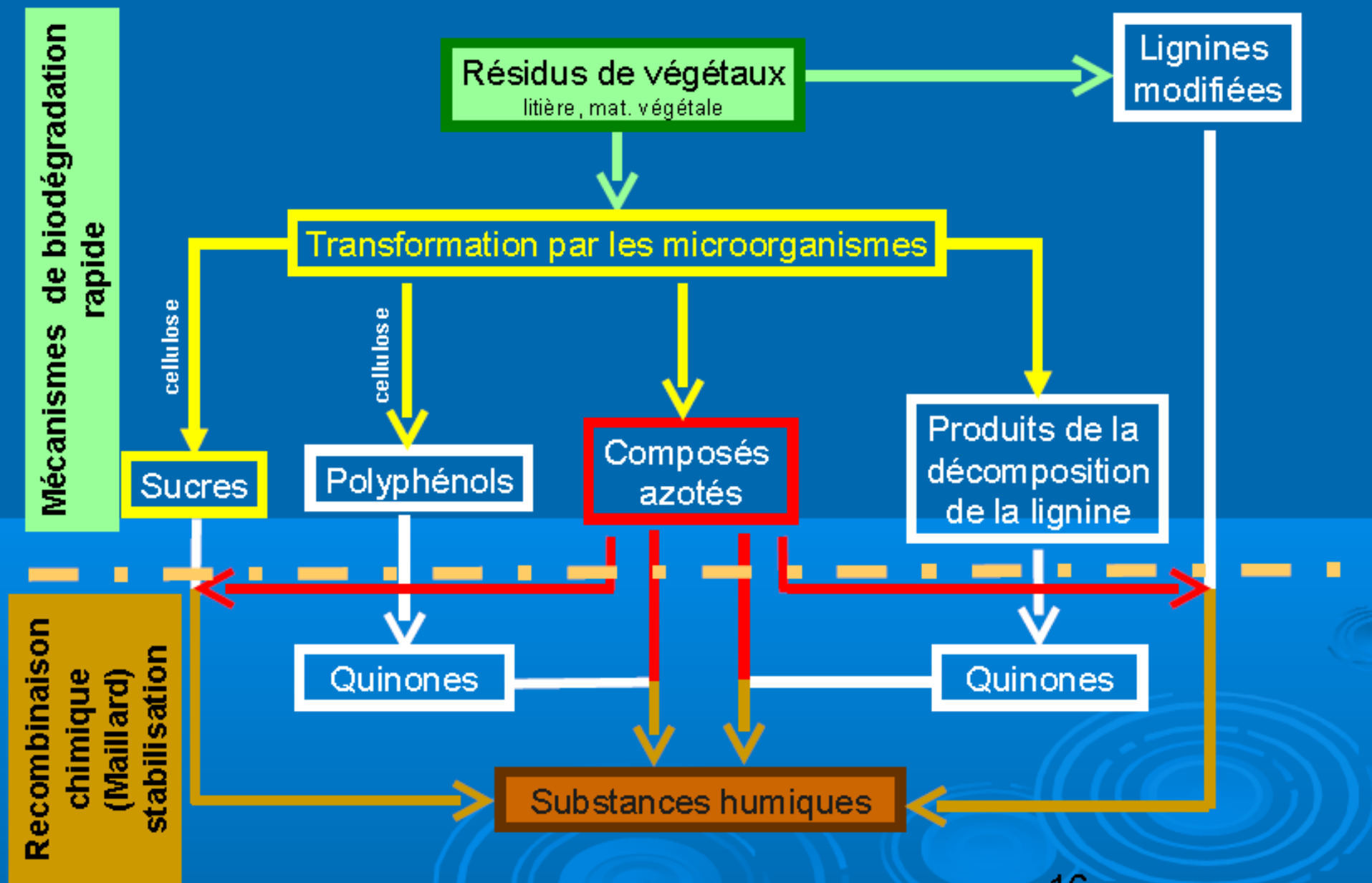
(D'après *Le sol vivant*, Gobat et al., 2003)



→ Décomposition Cycle alimentaire

→ Minéralisation Cycle minéral

FORMATION DES SUBSTANCES HUMIQUES



Humus de bonne qualité des forêts feuillues sur sol suffisamment riche et peu acide (aussi des bonnes terres de culture et des prairies).

Disparition rapide des débris organiques apportés en surface.

Formation abondante de complexes argilo-humiques (vers de terre).

Minéralisation rapide.

En forêt, à la fin de l'été, il n'y a pratiquement pas de litière: très mince couche L sur horizon humifère.

Moder:

Humus dû, essentiellement, à l'action de petites espèces fauniques (larves d'insectes, vers Enchytréides, vers non fousseurs).

La masse de l'humus est constituée de fins débris coprogènes, plus ou moins remaniés.

Plus riche en acides fulviques.

Peu de complexes argilo-humiques.

Les processus de décomposition-humification sont nettement ralentis et il y a formation d'horizons holorganiques (litière): couches L,F et H en proportions variables.

MOR:

Humus formé en conditions climatiques et chimiques défavorables.

L'action des champignons inférieurs est très importante.

Peu de produits humiques de synthèse.

La décomposition est très lente et il y a accumulation importante de litière brute:

dominance de la couche F

| Forme d'humus | Poids de litière | Vitesse d'humidification |
|---------------|------------------|--------------------------|
| mull | 2 - 10t/ha | 1 - 2 ans |
| moder | 15 - 50t/ha | 5 - 15 ans |
| mor | >50t | plus. décennies |

ANMOOR:

Humus formé en conditions semi-permanentes de saturation par l'eau et dû à l'activité alternée d'une microflore aérobie et anaérobie, d'une faune aquatique et terrestre.

La décomposition est lente mais l'incorporation des substances fines au substrat minéral est très forte.

il n'y a pratiquement pas de litière: un peu de L.

L'anmoor est gris foncé à noir; gorgé d'eau, il présente un aspect boueux; il paraît terreux à l'état modérément humide (frais).

TOURBE:

Humus formé en conditions de saturation (sub) permanente, à partir de végétations à base de mousses, de laïches, de roseaux,...

La décomposition et l'humification sont très lentes et très incomplètes.

Débris et résidus s'accumulent en couches épaisses (plusieurs mètres, parfois), constamment imbibées d'eau, à structure fibreuse.

Entre toutes ces formes, existent de NOMBREUX INTERMEDIAIRES (exemples: moder mulleux, dysmoder) et des VARIANTES, liées à d'autres facteurs du milieu (exemples: mull calcique, anmoor calcique).

Humus en milieu oxygéné: MULL

- Humus grumeleux et brunâtre
- Formé en milieu biologiquement actif, à pH proche de la neutralité
- Exemples: mull calcique sur substratum calcaire, mull forestier sur roches non calcaires et sous forêt de feuillus



Humusform: Mull

Foto: Åke Nilsson

Humus en milieu oxygéné: MOR

- Humus brut, feuilleté ou fibreux
- Formé en milieu biologiquement peu actif, acide, sur roches siliceuses et sous une végétation de type résineux (litières acidifiantes):
incorporation très ralentie des végétaux
- Connue par exemple dans les podzols



Humusform: Mårtyr 1

Foto: Åke Nilsson

Humus en milieu oxygéné: MODER

- Humus intermédiaire entre MULL et MOR
- Végétaux peu transformés
- Formé en milieu à pH neutre



Humusform: Moder

Foto: Åke Nilsson

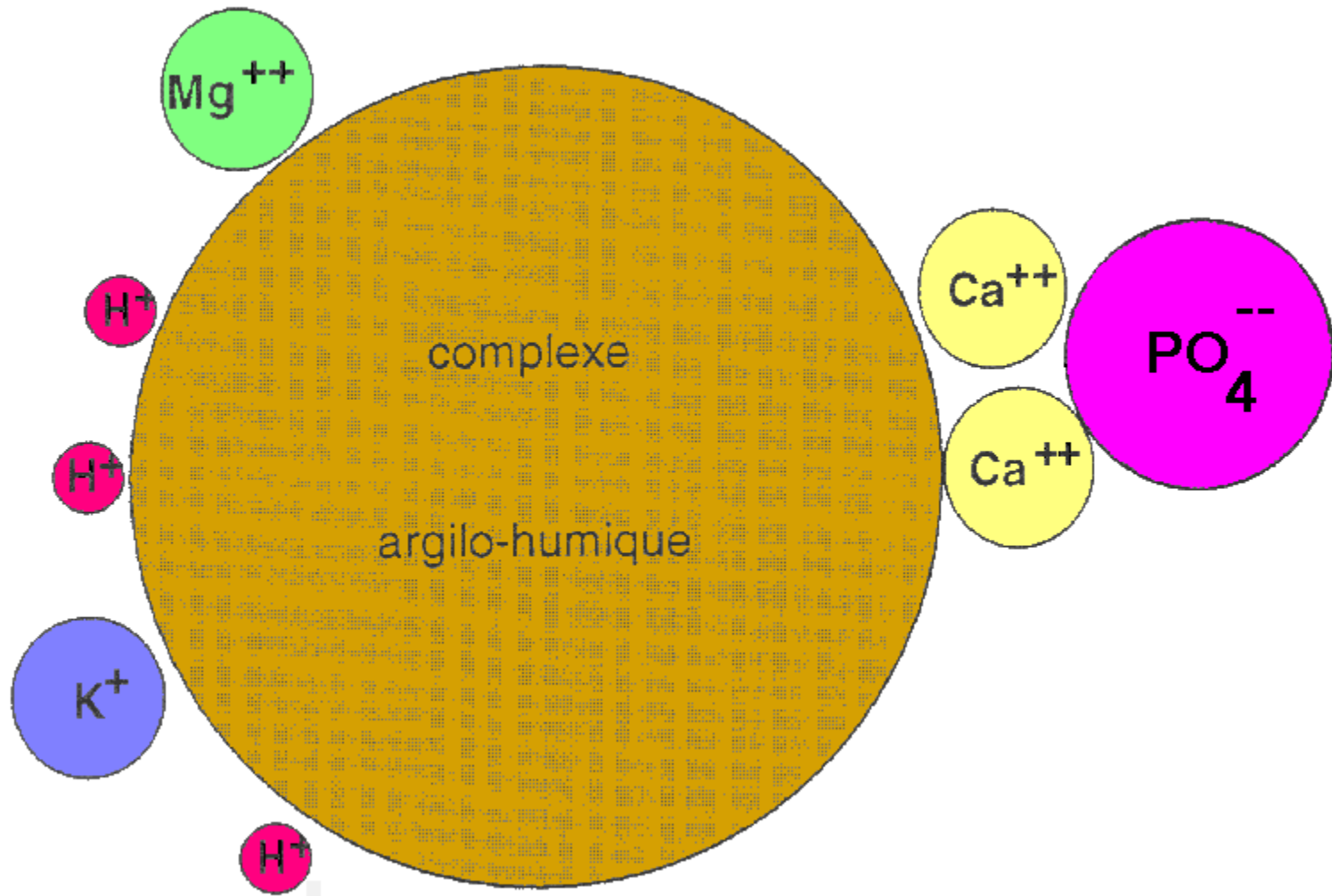
C'est l'humus qui représente la matière organique la plus importante dans le sol car :

- il est stable: sa minéralisation est de l'ordre de 1 à 2 % par an sous climat tempéré ; 3 à 5 % sous climat tropical
- c'est un colloïde électronégatif comme l'argile.

Les propriétés de l'humus dans le sol sont nombreuses:

- Pouvoir de fixation des ions plus élevé que l'argile
- Plus hydrophile que l'argile: il peut retenir 15 fois son poids en eau et rester perméable malgré cela.
- Favorise le réchauffement du sol grâce à sa couleur sombre.

En fait, l'humus et l'argile interviennent ensemble dans toutes les propriétés du sol; ceci est dû à leur association dans le sol sous forme d'un flocculat homogène : le complexe argilo-humique (= CAH)



V. La texture du sol

1. *Définition de la texture*

Elle représente, l'ensemble des propriétés qui résultent de la taille des constituants.

Attention : ne pas confondre analyse granulométrique qui est un état des composants du sol et la texture qui en est une interprétation. Bien entendu la texture est le résultat de l'interprétation de l'analyse granulométrique.

En fait, cette notion permet d'apprécier les propriétés d'un sol à partir de la proportion des différentes fractions granulométriques. On la définit à l'aide du triangle des textures.

Le triangle des textures ne prend en compte que les fractions granulométriques ; cependant, certains éléments comme le calcaire et la matière organique peuvent influencer fortement les propriétés du sol lorsque leur taux devient élevé.

| | | | | |
|-------------------------|-----|--------------------|--------------------|----------|
| Teneur en calcaire en % | < 5 | 5- 20 | 20 - 50 | > 50 |
| Dénomination | | Suffixe "calcaire" | Préfixe "calcaire" | Calcaire |

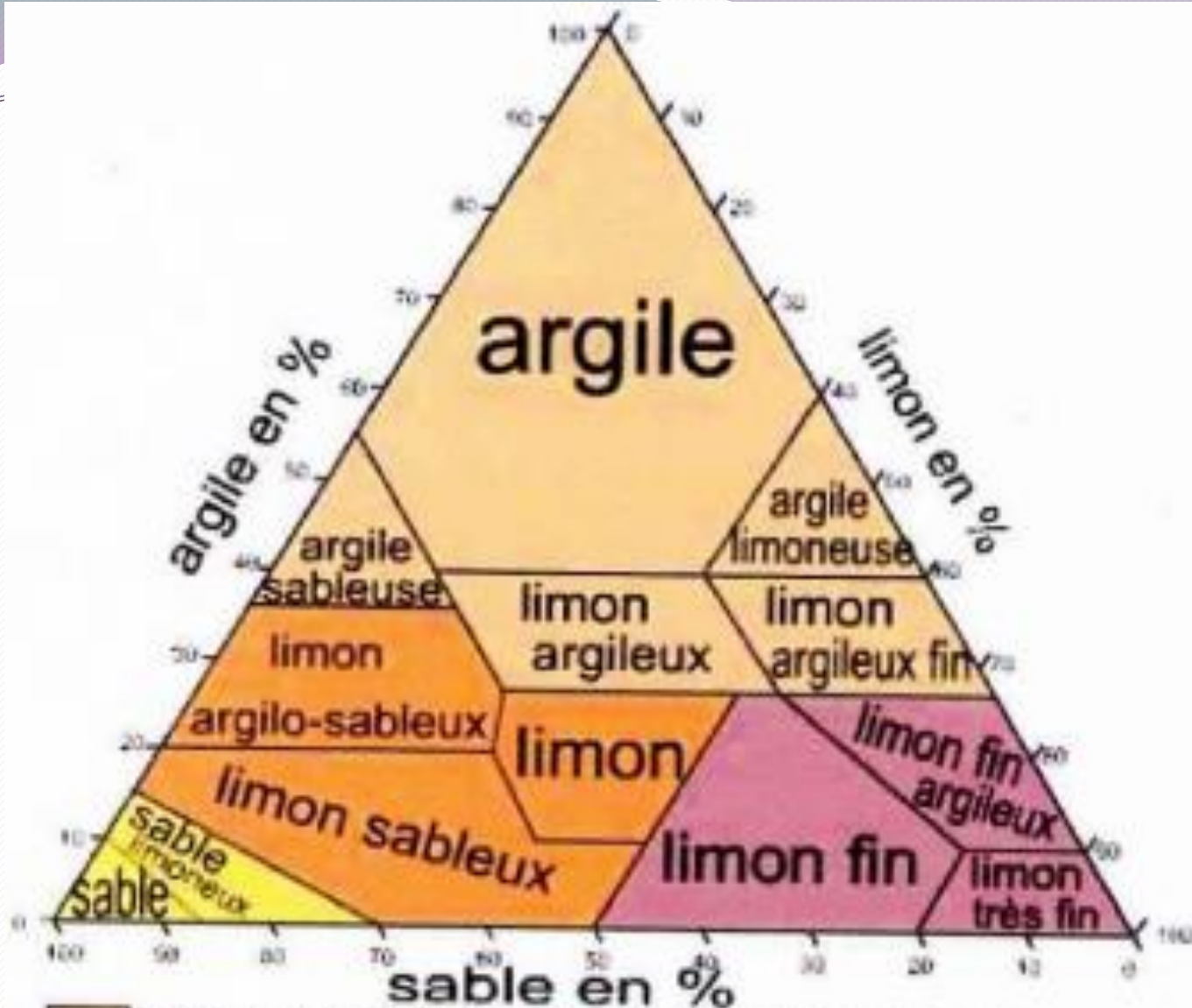
| | | | | |
|-----------------------------------|-----|--------------------|----------------|-------|
| Teneur en matières organique en % | < 4 | 4 -10 | 10 – 20 | > 20 |
| Dénomination | | Suffixe "humifère" | Préfixe "humo" | Humus |





| Types de textures | Types de sols | Travail du sol |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Texture argileuse: | Sols lourds. | Difficiles à travailler. |
| Texture sableuse: | Sols légers, souvent secs. | Faciles à travailler. |
| Texture équilibrée: | Sols limono-argilo-sableux. | Faciles à travailler. |
| Texture limoneuse: | Sols riches en limons. | Sols peu perméables et mal aérés. |

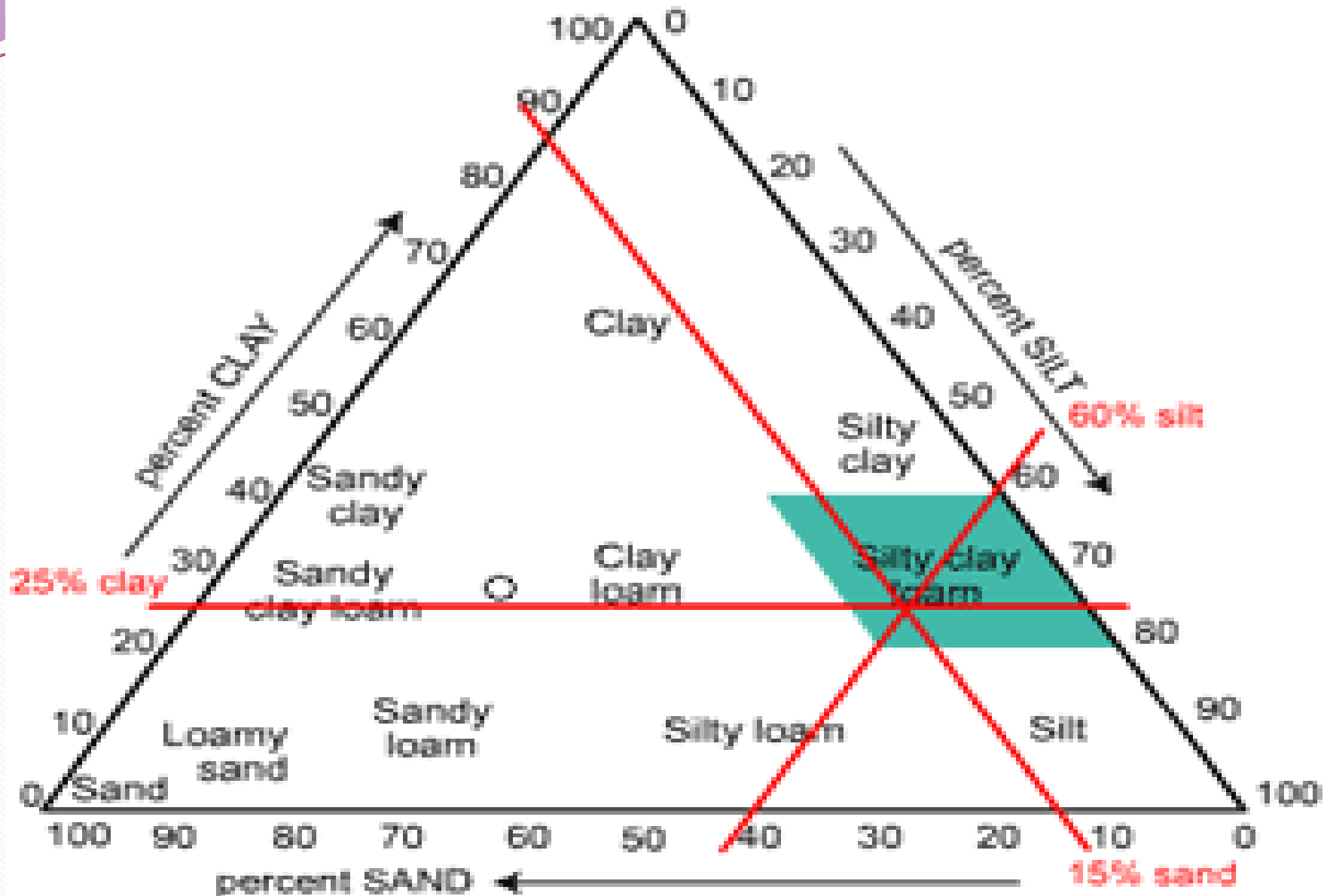
Échelle granulométrique de la texture du sol

| Terre fine | | | | | Terre grossière | |
|-------------|----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------|
| Argiles | Limons fins | Limons grossiers | Sables fins | Sables grossiers | Graviers | Cailloux |
| $< 2 \mu m$ | 2 – 20 μm | 20 – 50 μm | 50 – 200 μm | 0.2 – 2 mm | 2 – 20 mm | > 20 mm |



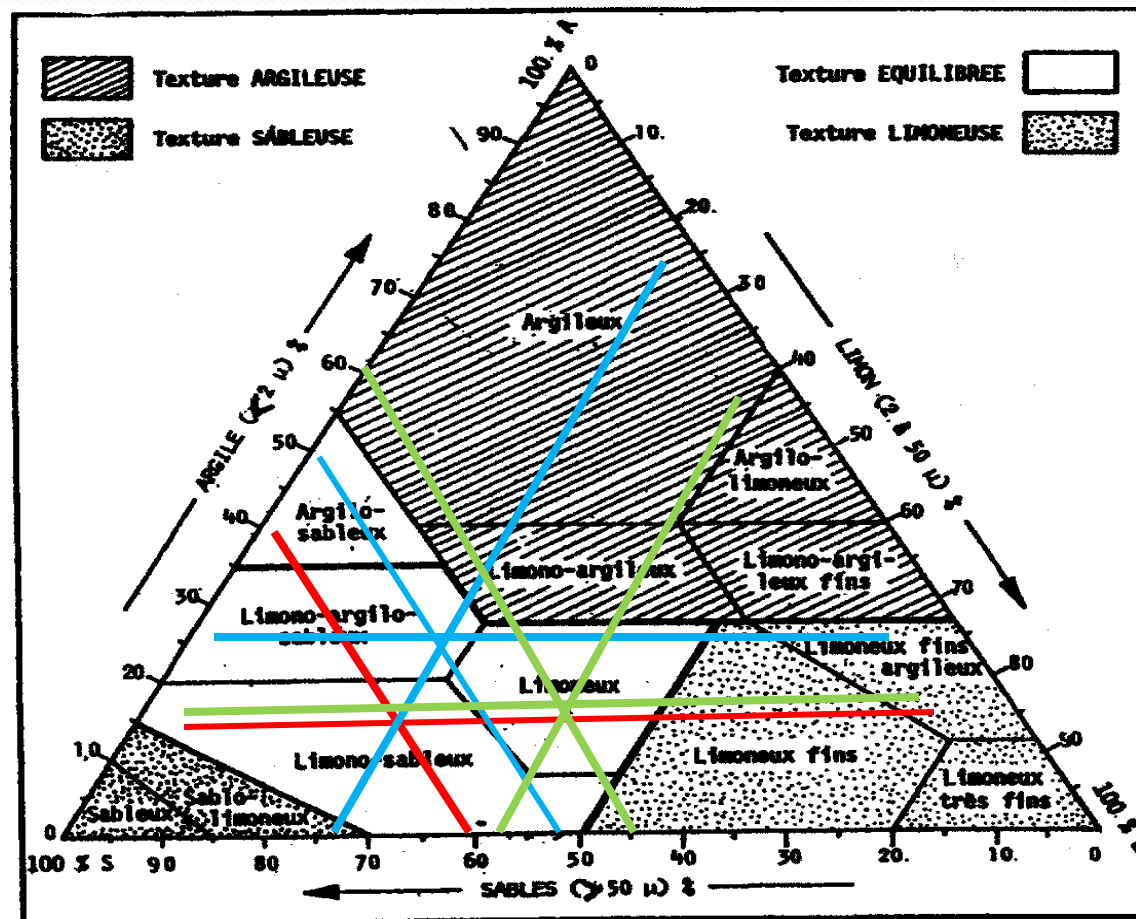


- | | |
|--|---|
|  texture argileuse |  texture limoneuse |
|  texture équilibrée |  texture sableuse |



2. Utilisation du triangle des textures

Il s'agit de porter sur chacun des axes les pourcentages d'argile, de limon et de sables. Par chacun des points ainsi trouvés, mener une parallèle à l'axe précédent. L'intersection de ces 3 parallèles désigne le sol.



VI. La structure du sol

1. Définition de la structure

La structure du sol représente le mode d'assemblage des particules entre elles.

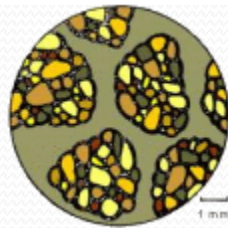
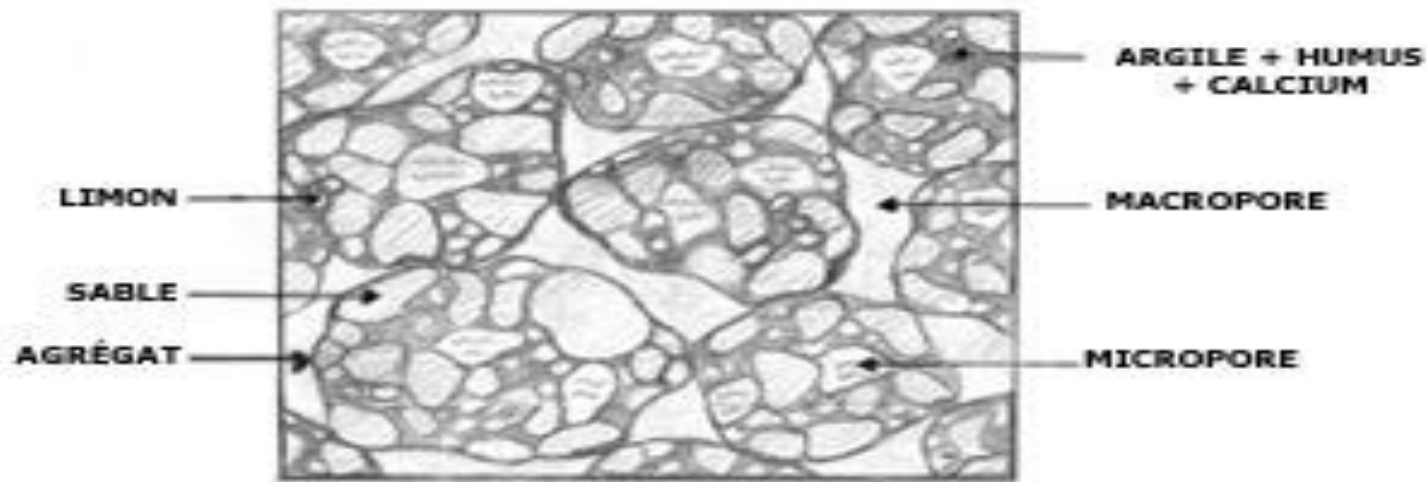
Le sol en place apparaît comme un ensemble d'éléments construits que l'on appelle selon la taille des agrégats, des agglomérats ou des mottes. L'agrégat est l'unité structurale et est formé d'un squelette de grains de sable et de limons reliés entre eux par le complexe argilo-humique.

La structure du sol se forme ainsi grâce à la floculation des colloïdes qui se fixent à la surface des éléments grossiers et les relient.

On distingue trois principales classes de structures :

- **la structure particulière** : les éléments sont peu reliés entre eux mais seulement juxtaposés.
- **la structure fragmentaire**: les éléments structuraux sont bien individualisés
- **la structure continue ou compacte** : la terre forme une masse compacte sans fissurations nettes.

Ces structures sont elles-mêmes de type différent selon la taille et la forme des agrégats.



STRUCTURE COMPACTE

STRUCTURE GRUMELEUSE

STRUCTURE PARTICULAIRE

Éléments sableux noyés dans une masse d'argile: sol **imperméable** à l'air et à l'eau: le sol est **asphyxiant**.

Ensemble de grains de sable et de limon liés en agrégats. Le sol est **perméable** et assure une bonne **aération**.

Éléments sableux de taille variable sans aucune liaison: le sol est **filtrant**

2. Les conséquences de la structuration.

a. La porosité

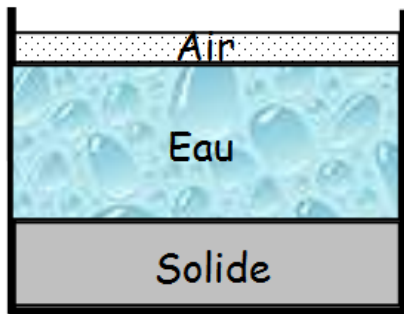
Dans le sol, il existe des espaces plus ou moins importants qui permettent la circulation de l'eau et de l'air. C'est la porosité du sol. Elle est essentielle car elle permet :

- une meilleure exploration du sol par les racines et leur respiration
- le développement des microorganismes et des animaux du sol
- une meilleure circulation de l'eau
- un travail du sol plus facile
- un réchauffement du sol plus rapide

La porosité totale

Elle correspond à l'ensemble des espaces poreux d'un sol, ce qui représente 30 à 50% du volume du sol. Ces lacunes sont occupées par l'eau et l'air et leurs proportions varient en fonction du degré d'humidité du sol.

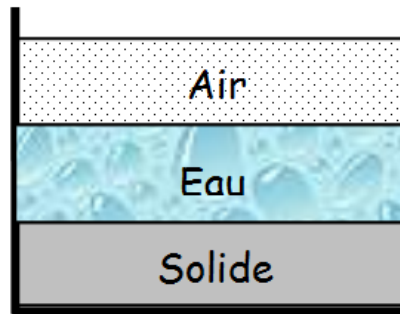
Sol gorgé d'eau



L'air est chassé par l'eau

- asphyxie des racines
- croissance réduite
- lessivage des engrais
- putréfaction des matières organiques

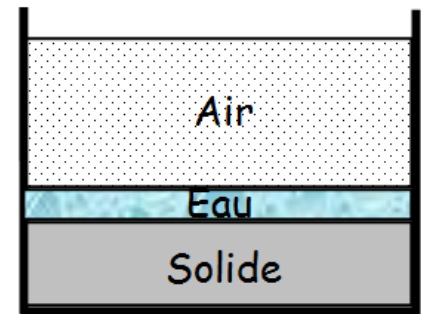
Sol ressuyé



Equilibre air/eau

- excellentes conditions d'absorption par les racines (bonne oxygénation)
- activité biologique intense

Sol sec



L'air remplace l'eau déficiente

- le végétal souffre de sécheresse
- les matières organiques n'évoluent plus
- le sol se rétracte et se fissure

Macroporosité et microporosité

Les espaces ne sont pas tous de la même taille, c'est pourquoi l'on distingue la macroporosité qui correspond à de grands espaces entre les mottes de la microporosité qui correspond aux petits espaces à l'intérieur des mottes.

La macroporosité permet la circulation de l'eau et de l'air alors que la microporosité permet de retenir l'eau dans le sol et constituer une réserve pour les plantes. La microporosité est très importante dans un sol à texture fine (limons et argile).

La porosité dépend de la structure, du sol mais également de sa texture (une texture fine favorise la microporosité) et du travail du sol (la porosité est plus faible en profondeur). En horticulture les substrats possèdent une porosité supérieure à 50%.

b. La stabilité structurale :

La structure est soumise aux agents de dégradation qui sont :

- l'impact des gouttes d'eau sur le sol nu ; c'est surtout le cas des fortes pluies qui détruisent les agrégats de surface
- l'éclatement des agrégats dû à une humectation rapide qui fait éclater les agrégats.
- la dispersion des colloïdes due à un lessivage des ions flocculant ;
- le tassement en période humide par les animaux ou les matériels ;
- l'effet de choc des outils surtout avec les outils rotatifs à grande vitesse (houe rotative)

La stabilité structurale est donc très importante dans un sol et elle peut être maintenue grâce à certaines actions :

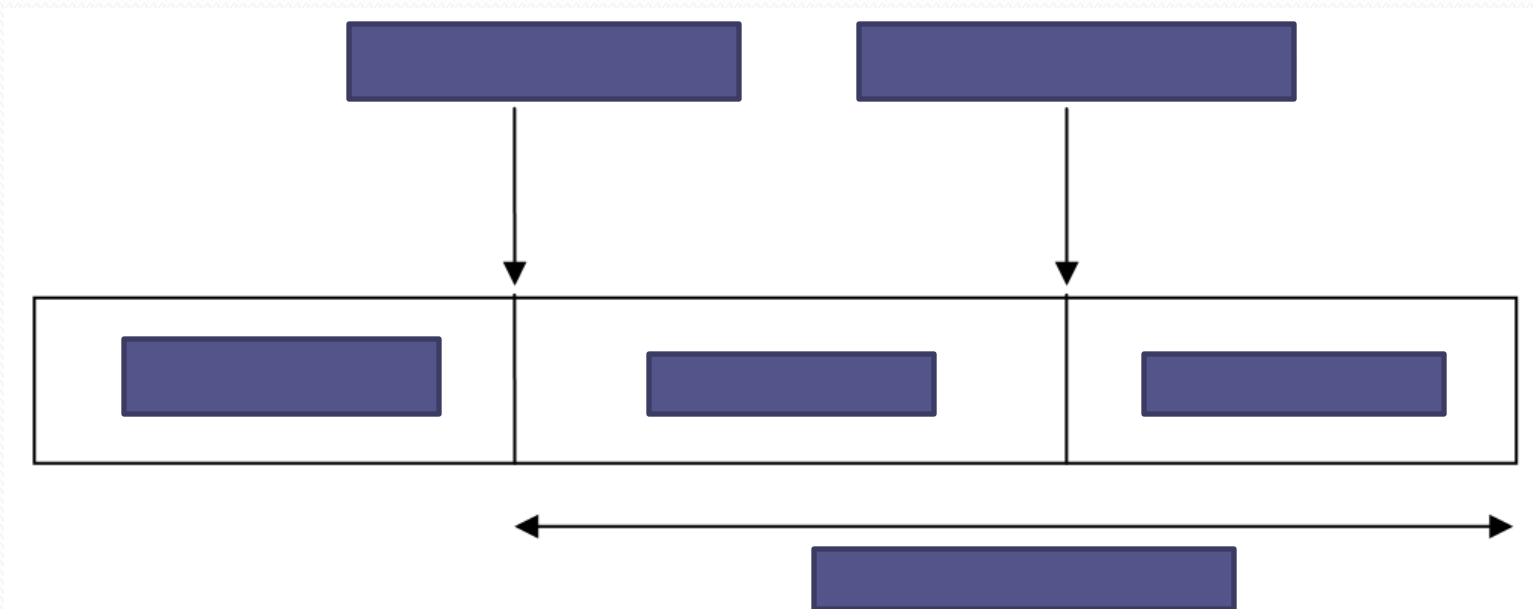
- de protection contre les agents de dégradation (supprimer l'excès d'eau par le drainage du sol, éviter le travail du sol en période humide, ne pas laisser le sol nu trop longtemps.
- d'amélioration de la structure : apporter du calcium ou de la matière organique pour favoriser une bonne formation du complexe argilo-humique,
- travailler le sol correctement : labour, puis façons superficielles
- adopter une rotation introduisant des graminées qui couvrent le sol en permanence et dont le système racinaire permet une bonne division du sol.

VII. Les propriétés physiques du sol

1. *L'eau dans le sol*

a. Etat de l'eau dans le sol :

En général, l'eau absorbée par les végétaux provient du sol. Elle peut exister sous trois états différents qui se répartissent de la manière suivante :



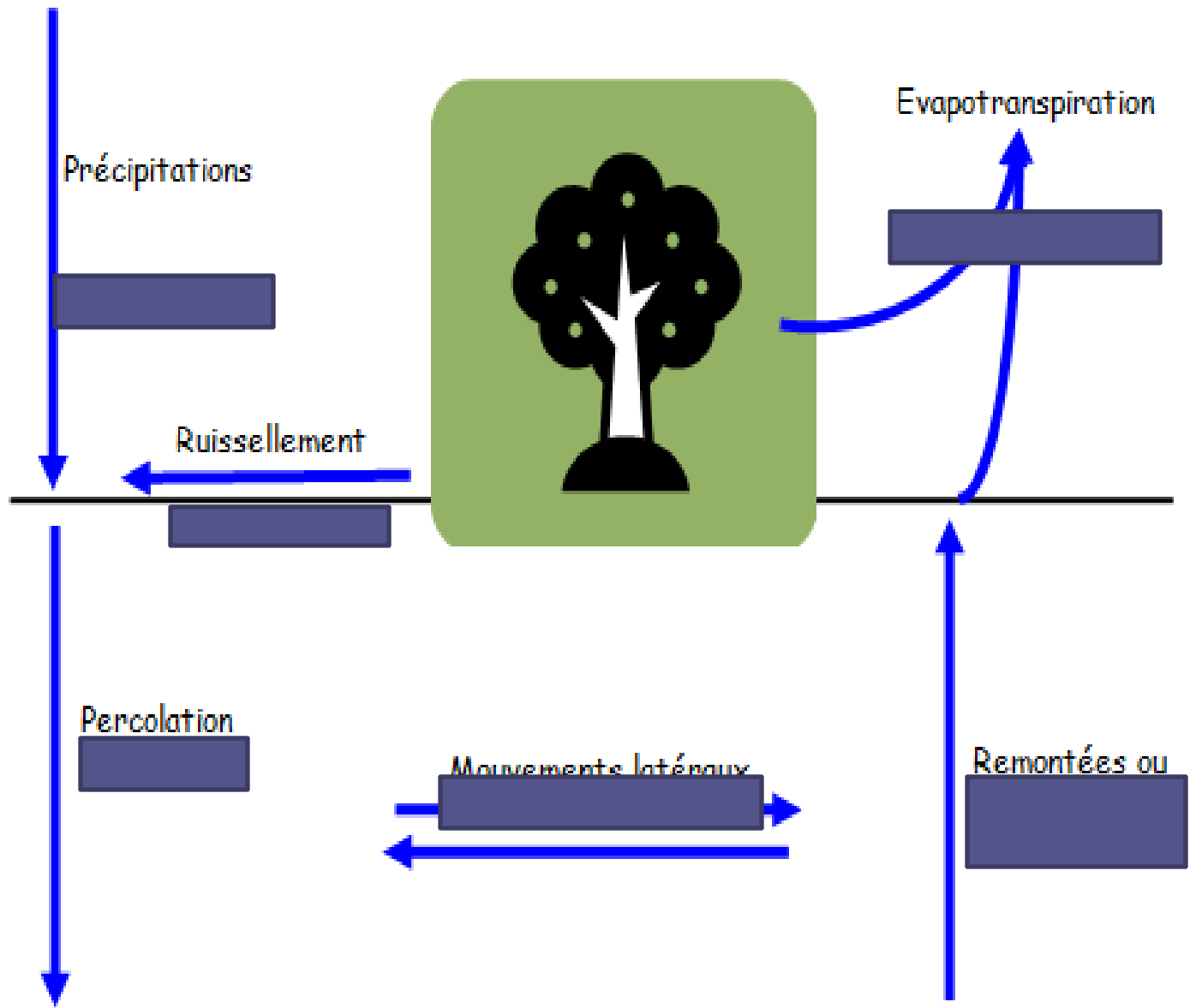
Après un arrosage ou des précipitations, le sol est saturé en eau. Elle occupe tous les vides du sol.

Une partie de cette eau va s'écouler sous l'effet de la gravité et l'on atteint le point de ressuyage. L'eau qui reste dans le sol est appelée la capacité au champ. La capacité au champ est en relation directe avec la qualité du sol (150 L/m³ pour une terre argileuse et 20 L/m³ pour une terre sableuse). Une partie de cette eau peut être absorbée par les plantes : c'est l'eau utilisable ou réserve utile. On atteint alors le point de flétrissement : le reste de l'eau contenu dans le sol ne peut être utilisé car l'eau est retenue par une énergie trop importante pour que les racines puissent la puiser. Cette force dépend également du sol.

L'argile augmente le pouvoir de rétention du sol donc la capacité au champ mais augmente également le % d'humidité au point de flétrissement.

L'humus augmente le pouvoir de rétention de l'eau sans diminuer la réserve utile.

Les mouvements de l'eau dans le sol :



Les précipitations : elles peuvent être nuisibles lorsqu'elles dégradent la structure de la surface qui forme une croûte en séchant.

Le ruissellement : Lorsque le sol ne peut plus absorber toute l'eau, il se produit le ruissellement. il est toujours nuisible car c'est une perte d'eau et crée l'érosion du sol.

La percolation ou infiltration : c'est la descente de l'eau dans le sol sous l'influence de la gravité. La perméabilité détermine la vitesse de percolation, elle dépend de la structure du sol.

Un sol est perméable s'il a une texture grossière (sableuse) et une structure fragmentaire. Après une pluie, l'eau se situe d'abord en surface où elle remplit tous les pores ; puis elle se redistribue sur une profondeur plus importante jusqu'à un certain niveau appelé front d'humectation.

Remarque : La profondeur du front d'humectation est de 2 à 5 fois la hauteur d'eau tombée en mm, selon la texture et la structure

Les mouvements latéraux : Ils sont de faibles amplitudes, l'eau se déplace d'un point humide vers un point moins humide (de 40 cm dans un sable et jusqu'à 1 m dans un limon argileux).

La remontée d'eau dans le sol : L'eau, retenue dans le sol, part progressivement en surface soit par évaporation au contact de l'air soit par absorption par la plante. Ainsi, le sol se dessèche en surface favorisant la remontée de l'eau de la profondeur vers la surface.

Cette remontée se fait par diffusion entre les films capillaires reliant les agrégats.

Si les films d'eau se rompent, la diffusion s'arrête ; certaines techniques culturales peuvent donc modifier ce phénomène :

le tassement du sol, la présence de racines (effets de mèche) ou un léger arrosage favorisant la remontée capillaire.

le sarclage ou le binage ou la couverture du sol (= "mulching") en rompant le film d'eau en surface diminuent la remontée capillaire (= techniques d'économie d'eau).

L'évapotranspiration : c'est l'ensemble de l'eau transpirée par la plante et de

2. *L'air du sol*

L'air, logé dans les macrospores du sol, est indispensable à la respiration des racines et des autres êtres vivants du sol. L'air du sol a une composition sensiblement différente de l'air extérieur, d'autant plus accentuée que l'on va en profondeur.

| | Air du sol | Air atmosphérique |
|-------------------------|-------------------|--------------------------|
| % O₂ | 18 à 20,5 % | 21 % |
| % CO₂ | 0,2 à 3,5 % | 0,03 % |

Ces différences sont dues à l'activité biologique (respiration des êtres vivants du sol) et au tassement du sol en profondeur.

L'air du sol est renouvelé grâce au phénomène de la diffusion gazeuse (échanges gazeux entre l'atmosphère et le sol). Ce renouvellement est favorisé par le travail du sol et la succession des périodes humides et des périodes sèches.

3. La température du sol

Elle conditionne la germination, la croissance des racines et l'activité des êtres vivants du sol. Cette température dépend :

- de la quantité d'énergie fournie au sol: celle-ci provient principalement de l'énergie solaire arrivant au sol (variable selon la saison, l'heure et la journée, les conditions atmosphériques et l'exposition du terrain) et un peu de la combustion des matières organiques du sol ;
- de la transmission de la chaleur dans le sol qui est fonction de l'état d'humidité du sol (l'eau demandant plus de chaleur pour se réchauffer que les constituants solides) et de la couleur (un sol sombre absorbe plus la chaleur).

VIII. Les propriétés chimiques du sol

Le sol par son milieu physique, représente le support de la plante (notion de support de culture ...)

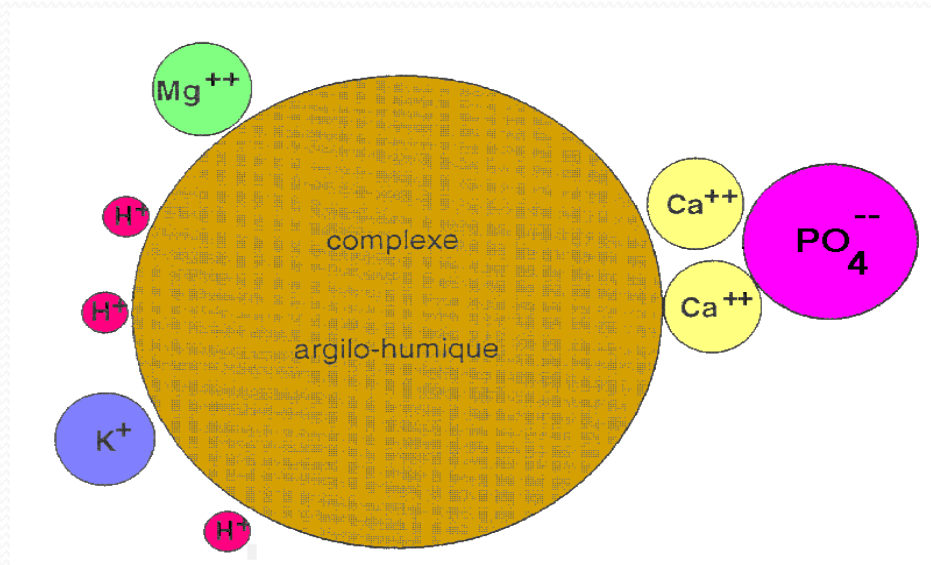
Les racines s'ancrent dans le sol et lui fournissent l'eau et l'air pour vivre. Mais les racines ont un autre rôle essentiel : l'alimentation minérale de la plante (les minéraux sont ensuite transformés en matière organique dans la plante grâce à la photosynthèse).

Ainsi, le sol constitue également le milieu nutritif de la plante.

1. Définition du pouvoir adsorbant :

On appelle pouvoir adsorbant du sol la propriété que possède le complexe argilo-humique de retenir énergiquement à sa surface (on parle aussi d'adsorption) certains ions provenant de la solution du sol, cette dernière correspondant à l'eau du sol dans laquelle sont dissouts de nombreux éléments minéraux solubles.

a. La fixation des cations et le phénomène d'échange Complexe Argilo-Humique (CAH)



Les cations sont fixés à la surface des colloïdes où ils forment un véritable essaim comparable à un essaim d'abeilles; les ions retenus sont ceux présents et les principaux sont : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , H^+ .

Cette fixation est réversible et il existe des phénomènes d'échange entre cation; ces échanges peuvent être schématisés de la façon suivante :

- L'ion Ca^{++} sert le plus souvent de cation d'échange car il est en plus grande quantité.
- Ces échanges se font continuellement et l'équilibre est recherché en permanence.

Des règles régissent ces échanges :

- les cations sont plus énergiquement fixés s'ils sont bivalents (Ca^{++} , Mg^{++}) et s'ils sont en faible quantité.
- il existe un équilibre entre les ions fixés sur le complexe et ceux de la solution du sol.

b. La fixation des anions

La fixation des anions est très faible. Parmi les anions pouvant être présents dans la solution du sol (NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-}). Seul l'ion phosphorique HPO_4^{2-} est bien retenu par le complexe argilo-humique grâce à la formation d'un pont calcique.

Ceci explique la pollution de l'eau des rivières et des lagons par les nitrates qui sont négatifs (NO_3^-).

c. Mesure du pouvoir adsorbant

Le pouvoir adsorbant du sol et surtout l'appréciation de sa réserve alimentaire se mesure à partir de deux notions :

- la capacité d'échange cationique (C.E.C.) représente la quantité maximale de cations que peut retenir 100 grammes de sol ;
- la somme des bases échangeables est la somme des cations basiques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+) susceptibles d'être fixés sur des sites négatifs dans un sol.

d. Les principaux éléments minéraux du sol

L'importance du pouvoir absorbant dépend de la richesse du sol en éléments minéraux. de leur origine ainsi que de leur dynamique (cycle dans le sol et la nature).

On trouve dans le sol tous les éléments chimiques qui composent la plante ; en effet, hormis le carbone l'oxygène et l'hydrogène puisés dans l'air et dans l'eau, tous les autres éléments nutritifs de la plante proviennent du sol.

Ces éléments sont classés en trois groupes selon leur importance quantitative dans la plante.

➤ **Les macroéléments majeurs**

Azote (N), phosphore (P), potassium (K) pour lesquels la plante est très exigeante ; ils constituent les fertilisants prioritaires

➤ **Les macroéléments secondaires**

Magnésium (Mg), soufre (S) intervenant dans la plante en quantité moindre et souvent présents en quantité suffisante dans le sol.

➤ **Les oligo-éléments**

Ces derniers représentent une part très faible de la matière sèche mais leur présence reste indispensable au bon métabolisme de la plante. Les six principaux oligo-éléments sont le fer (Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le bore (B) et le molybdène (Mo).

e. La notion d'élément assimilable

Tous ces éléments se trouvent dans le sol sous des formes diverses: liés à la roche-mère, liés à la matière organique, libres dans la solution du sol, etc.

Pour l'agriculteur, la richesse de son sol en éléments minéraux se limite à ceux qui sont assimilables par la plante. Or, chaque élément a une dynamique dans le sol bien spécifique et un élément présent en grande quantité peut-être inassimilable par la plante du fait par exemple de mauvaises conditions du milieu.

Prenons l'exemple des trois éléments majeurs N, P et K :

L'Azote

Dans le sol, l'azote se trouve sous trois formes :

- **gazeuse:** dans l'atmosphère du sol où il représente en moyenne 80 %
- **organique:** constituant des protéines de la matière organique
- **minérale:** l'azote peut alors être sous forme ammoniacale (ion ammonium NH_4^+) ou nitrique (ion nitrate NO_3^-).

La forme NO_3^- est la plus assimilable par la majorité des plantes ; l'azote ammoniacal et organique représentent le plus souvent des réserves pour la plante car ils se transforment progressivement en NO_3^- grâce à l'activité biologique du sol.

L'azote gazeux n'est utilisable que par certaines plantes: les fabacées ou autres familles (ex. : Flamboyant, Filao) qui fixent l'azote de l'air grâce à une bactérie, le rhizobium.

Le phosphore

Les formes dans le sol sont :

- le phosphore de la solution du sol ;
- le phosphore fixé sur le complexe grâce au pont calcique ;
- le phosphore insoluble de la roche ;
- le phosphore organique.

Seuls, le phosphore de la solution du sol et du complexe argilo-humique sont assimilables par la plante.

Le potassium.

Comme les autres éléments, il existe plusieurs formes :

- le potassium de la solution du sol
- le potassium du complexe qui est facilement échangeable
- le potassium rétrogradé à l'intérieur des molécules d'argile (la rétrogradation représente ici le passage de l'état utilisable à l'état inutilisable) ;
- le potassium insoluble de la roche.

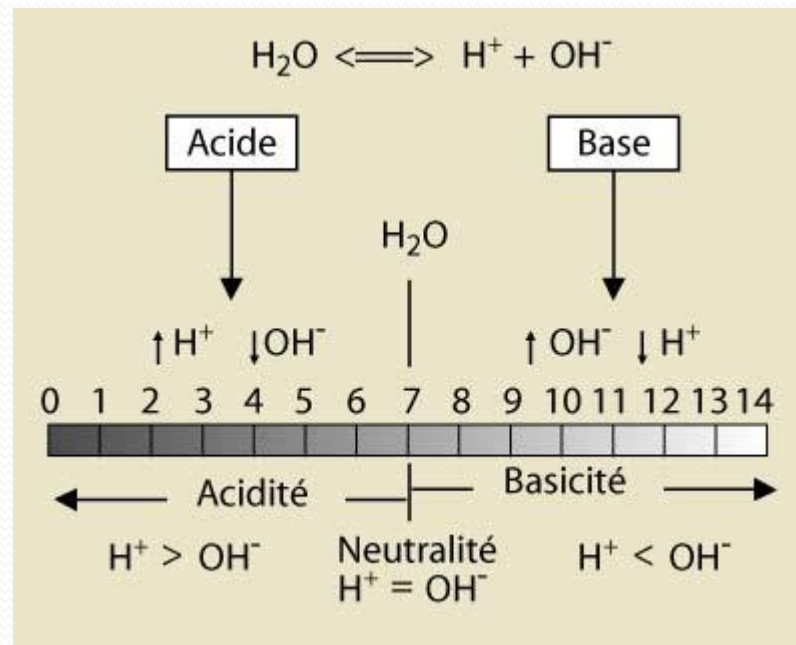
Là encore, seules les deux premières formes sont assimilables par la plante.

Les formes assimilables représentent souvent une très faible partie de la richesse du sol.

2. Le pH des sols

En chimie, le pH indique le caractère acide neutre ou basique (alcalin) d'un corps selon qu'il renferme beaucoup ou peu d'ions H^+ libres en solution.

Au niveau du sol, le pH est variable et il influe sur les propriétés du sol. Les variations sont cependant limitées car si, en chimie, le pH varie de 0 à 14 (7 étant la neutralité), le pH des sols a pour extrêmes 4,5 à 5 pour les sols les plus acides et 8 pour les terres très basiques.



a. Importance du pH dans le sol

Au niveau des propriétés du sol, un pH acide ($\text{pH} < 7$) entraîne un mauvais fonctionnement du pouvoir adsorbant, en partie par le manque de calcium et par une mauvaise floculation des colloïdes. De plus, le pH influence l'assimilabilité des éléments.

Au niveau de la végétation, le pH influence beaucoup la croissance des plantes à tel point que le pH d'un sol peut être apprécié grâce à des plantes indicatrices

(ex. : fougère en sol acide).

De même, les cultures ont des exigences assez précises quant au pH optimal.

Au niveau des microorganismes leur activité est meilleure lorsque le pH est voisin de la neutralité ($6,5 < \text{pH} < 7,5$).

b. Notion de pouvoir tampon

Le pH des sols varie :

- **dans l'espace** : sous l'influence directe de la roche-mère (qui libère peu ou beaucoup de bases : roches calcaires) et à un degré moindre du climat (par le lessivage des bases).
- **dans le temps** : selon la saison (le pH en été est légèrement plus faible du fait d'une forte activité biologique produisant des acides organiques) et à long terme, selon l'intensification de la culture qui peut épuiser le sol en bases par de mauvaises pratiques culturales (mauvais choix d'engrais).

Selon les sols, cette variation n'est pas égale car elle dépend de son pouvoir tampon, c'est-à-dire de sa capacité à résister aux variations du pH; cette propriété est liée à la présence des colloïdes qui fixent une partie des ions apportés et diminuent ainsi la variation du pH. Par exemple, un sol argileux a un pH qui varie moins que celui d'un sol sableux lors d'un apport d'ions calcium (= amendement calcique).

Analyse réalisée pour :
GAEC DES CHENES
 LE PLATEAU
 37390 LA MEMBROLLE
 N° d'échantillon : 3176056
 Reçu le : 01/08/2001 Expédié le : 06/08/2001
 Code AS : AGR / 22 / 237994

Distributeur / Jardinerie :
AGRI DISTRI
 ROUTE DE ST ROCH
 37390 LA MEMBROLLE
 CONSEILLER VENDEUR Philippe LEGRAND
 CODE : AJ / DISTRI :

PLAN DE FERTILISATION

Production envisagée

POTAGER - POTAGER - POTAGER

Terrain analysé

LE CHAMP

Type de sol

LIMON SABLEUX

AMENDEMENT ORGANIQUE

Prévoir un amendement organique correctif (fumier, terreau, tourbe...) afin de remonter le %MO. Quantité : 1.0 kg de produit / m². Période : automne, à renouveler tous les ans pendant 3 ans.

Les résultats



AMENDEMENT CALCAIRE

Pas d'apport à prévoir

ENGRAIS

Prévoir un apport d'engrais contenant du N, P, K. Consultez votre conseiller vendeur afin de trouver la formule d'engrais la plus appropriée et les quantités à épandre.

Commentaires du laboratoire :

Cette analyse de terre vous permettra de fertiliser votre terrain en respectant l'environnement et en offrant à vos plantations des conditions optimum de développement.

En cas de problème rencontré avec vos végétaux : si votre analyse de terre ne révèle pas de déséquilibre majeur ou si ces problèmes persistent après une fertilisation appropriée, il convient d'envisager d'autres facteurs limitant tels que les parasites, les maladies, l'asphyxie du sol ...

Commentaires de votre conseiller vendeur :

Paramètres chimiques

Le pH proche de la neutralité est satisfaisant et favorise une bonne croissance des plantes ainsi qu'une activité biologique optimum.

Éléments nutritifs

Azote : niveau Un peu faible, prévoir un apport au printemps.
 Phosphore : niveau satisfaisant, prévoir un apport d'entretien à l'automne.
 Potassium : niveau Un peu faible, prévoir un apport au printemps ou à l'automne.
 Magnésium : niveau Elevé, pas d'apport à prévoir.

Paramètres biologiques

Matière organique: niveau Faible, qui pénalise l'activité biologique du sol, rend plus délicate le travail de la terre et limite la réserve en eau du sol. Un amendement organique est fortement recommandé.

ANALYSE D'HERBE

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| ANALYSE REALISEE POUR : | DISTRIBUTEUR : |
| GAEC DES CHENES | AGRI DISTRI |
| LE PLATEAU | 34 ROUTE DE ST ROCH |
| 37390 LA MEMBROLLE | 37390 LA MEMBROLLE |
| TECHNIEN : Philippe LEGRAND | |
| CODE : DISTRI - AGRI DISTRI | |
| N° Echantillon : 3181094 | Préleveur : Mathieu BARRON |
| Échantillon prélevé le : 27/04/2007 | Rapport établi le : 25/10/2007 |

ANALYSE
Analyse réalisée par le Laboratoire SAR, agréé par le Ministère de l'Agriculture

INTERPRETATION
Indice de nutrition (1)
Analyse réalisée (2)

BILAN ACIDE BASE

ANALYSE
Analyse réalisée par le Laboratoire SAR, agréé par le Ministère de l'Agriculture

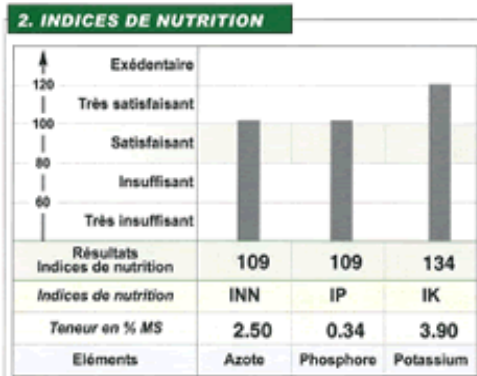
INTERPRETATION
Interprétation réalisée par AGRO-SYSTEMES

ANALYSE DE TERRE

| | | |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| ANALYSE REALISEE POUR : | DISTRIBUTEUR : | |
| GAEC DES CHENES | AGRI DISTRI | |
| LE PLATEAU | 34 ROUTE DE ST ROCH | |
| 37390 LA MEMBROLLE | 37390 LA MEMBROLLE | |
| TECHNIEN : Philippe LEGRAND | | |
| CODE : DISTRI - AGRI DISTRI | | |
| N° échantillon : 3079781 | Préleveur : Mathieu BARRON | Profondeur : 15 cm |
| Prelevé le : 02/07/2007 | Rapport établi le : 25/10/2007 | Latitude : 46°35'56.9" |
| Longitude : 0°21'18.3" | | N 46°35'56.9" |

| | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 1. PARCELLE | CHAMP DES CHATEAUX | SURFACE | 3,2 ha |
| HISTORIQUE DE FERTILISATION (sur 3 ans) | | | |
| Apport moyen P ₂ O ₅ minéral : | 40 unités | Qualité de la flore : | Bonne |
| Apport moyen K ₂ O minéral : | 72 unités | % Légumineuses : | 10 à 30% |
| Apports organiques : | Non | Stade : | Fauche pâture |
| Fréquence : | Q/ha | Rendement annuel : | 9 TMS/ha |
| | | Rendement lors du prélèvement : | 5 TMS/ha |
| PRAIRIE | | | |
| Type : | Prairie temporaire - Age : 1 ans | Qualité de la flore : | Bonne |
| Mode d'exploitation : | Fauche pâture | % Légumineuses : | 10 à 30% |
| Rendement annuel : | 9 TMS/ha | Stade : | Fauche pâture |
| Rendement lors du prélèvement : | 5 TMS/ha | % Matière sèche : | 10% MS |

| | | | |
|---|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 1. PARCELLE | CHAMP DES CHATEAUX | SURFACE | 3,2 ha |
| HISTORIQUE FERTILISATION (sur 3 ans) | | | |
| Apport moyen CaO : | | Type : | Prairie temporaire - Age : 1 ans |
| Apport moyen MgO : | | Mode d'exploitation : | Fauche pâture |
| | | Rendement annuel : | 9 TMS/ha |
| PRAIRIE | | | |
| TYPE DE SOL | | | |
| LIMON (ARGILE < 20%) | | | |



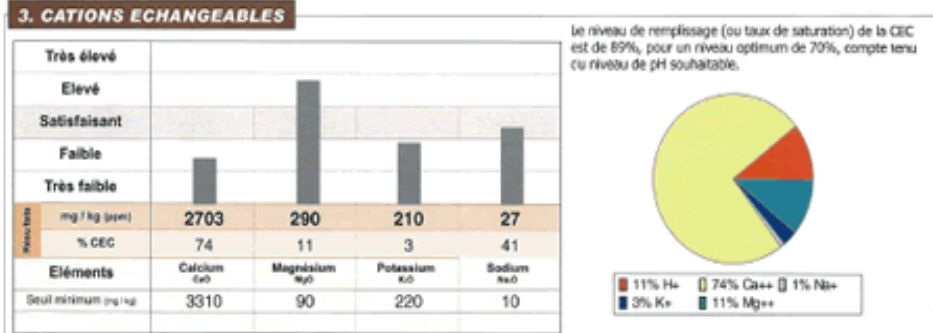
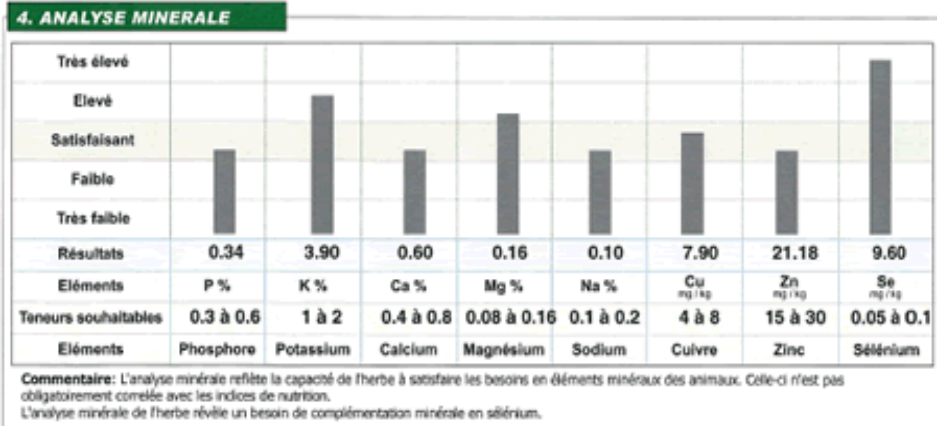
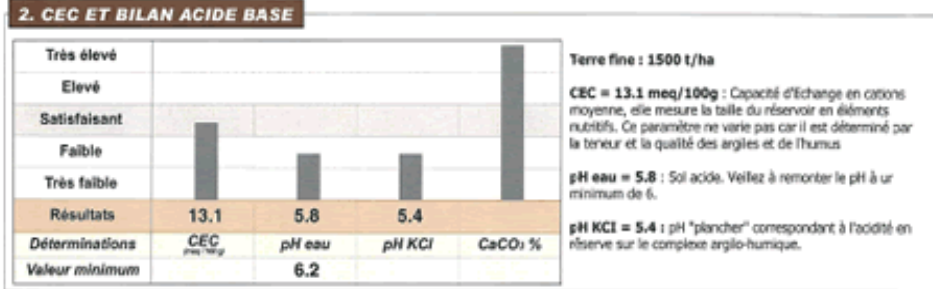
3. CONSEIL DE FERTILISATION PK

| Conseil (unités / ha) | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|-----------------------|-------------------------------|------------------|
| Année 1 | 0 | 0 |
| Année 2 | 0 | 0 |
| Année 3 | 30 | 100 |

Les indices de Nutrition PK reflètent l'état de nutrition de l'herbe en fonction de sa teneur en azote et de sa teneur en Phosphore et Potassium

L'indice de nutrition phosphore est très satisfaisant (IP = 109). Une impasse est possible sur les 2 premières années. Prévoir un apport en troisième année.

L'indice de nutrition potassium est excédentaire (IK = 134). Une impasse est possible sur 2 années au plus. Prévoir ensuite une fumure d'entretien.



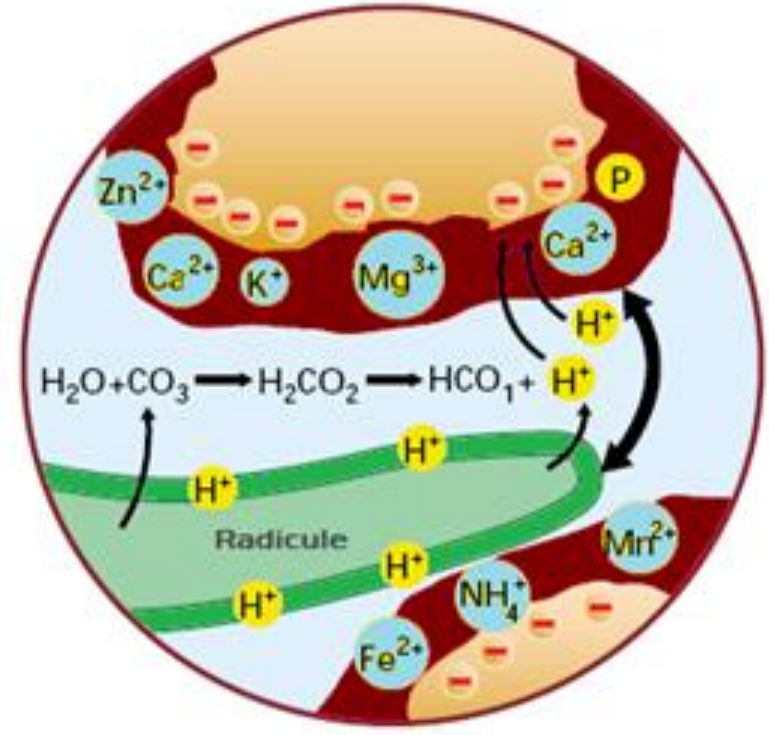
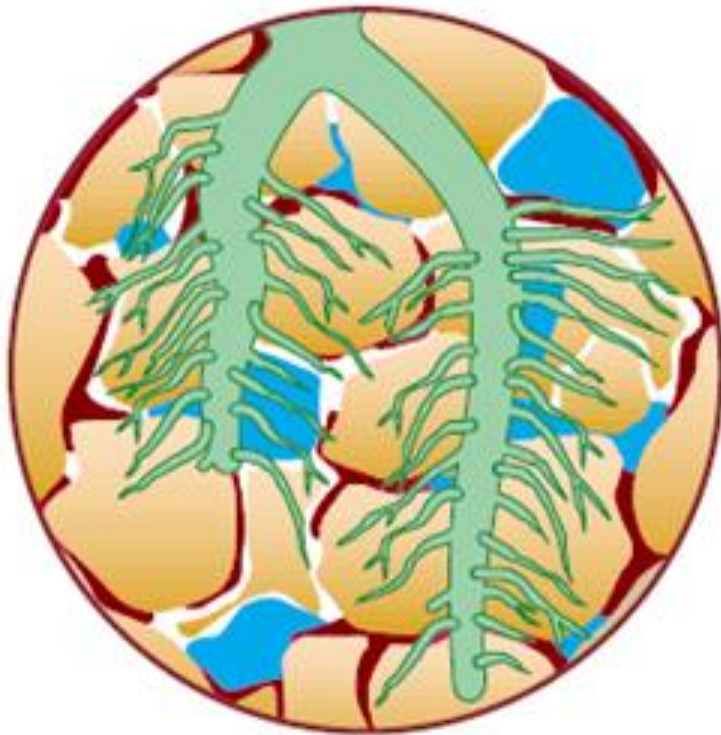
4. CONSEIL CHAULAGE

| | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|-------|
| Conseil chaulage | Année 1 | Année 2 | Année 3 | Total |
| Correction | 750 | 650 | 500 | 1900 |
| Entretien | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 750 | 650 | 500 | 1900 |

Calcium : Niveau insuffisant, un chaulage de correcteur est fortement recommandé (voir conseil chaulage), il permettra d'atteindre l'objectif pH et le niveau souhaitable en CaO.

Potassium : Voir les préconisations de l'analyse d'herbe.

Afin d'optimiser l'efficacité de l'amendement basique, il est recommandé de faire au préalable un diagnostic qualitatif de la flore de votre prairie. Contactez pour cela votre technicien avant toute intervention.



 eau  acide humique

 air du sol  particules de sable/d'argile