

⇒ AGRONOMIE :

Au sens strict du terme, agronomie signifie la « règle des champs ». L'agronomie est une science dont l'objet est l'étude des relations entre les plantes, le climat, le sol, et l'environnement dans lesquels elles se développent.

⇒ ECOSYSTÈME :

C'est l'ensemble formé par une communauté d'êtres vivants (biocénose) et de son environnement (biotope).

Ex : macro-écosystème et micro-écosystème

⇒ BIOCÉNOSE :

C'est l'ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace défini. Elle est divisée en deux parties :

La **phytocénose** : regroupe les espèces végétales

La **zoocénose** : regroupe les espèces animales

⇒ BIOTOPE :

C'est le lieu de vie défini par des caractéristiques déterminées.

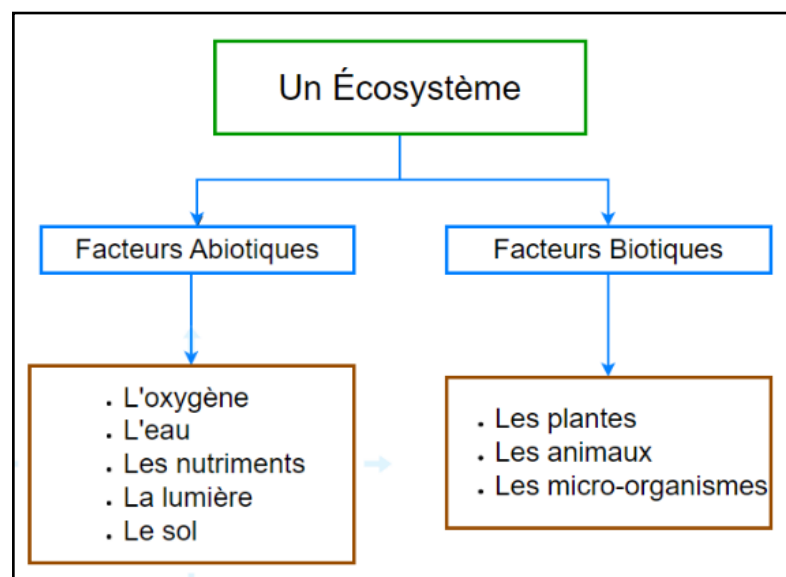


Schéma structure simplifiée d'un écosystème

Micro-organismes : bactéries, champignons, protozoaires ciliés

I. LA FORMATION D'UN SOL

1. Mécanisme de la formation du sol

a. La décomposition de la roche mère

Le sol résulte de la transformation d'une roche (la roche mère). Cette roche peut être de la craie, du granit, du grès, de la marne... Cette décomposition aboutit à la formation de la partie minérale du sol par :

- **Désagrégation physique** : sous l'influence des variations de température et d'humidité, de l'érosion due au vent et à l'eau, du relief, la roche se fragmente en éléments de + en + fins : cailloux, graviers, sables, limons.
- **Altération chimique** : des réactions chimiques (oxydation, hydrolyse) provoquent l'altération de la roche et aboutissent entre autres à l'argile et à différents sels minéraux (de calcium, de magnésium, de potassium, sodium, ...).

b. L'enrichissement en matières organiques

La colonisation du sol par diverses espèces vivantes (végétaux, animaux, bactéries, champignons, ...) va créer la matière organique du sol. En effet, en mourant, ils se décomposent sous l'action des micro-organismes pour former des sels minéraux et un composé organique stable : **l'humus**.

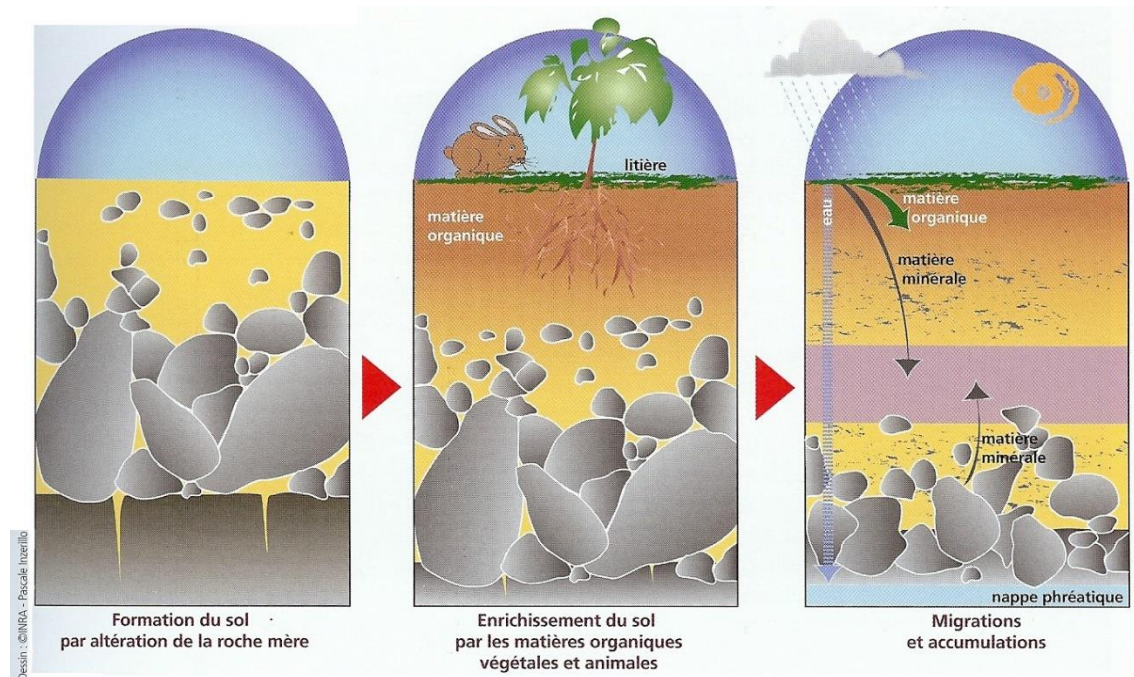
c. La migration des éléments dans le sol

Une fois formé, le sol va évoluer. Les mouvements d'eau vers le bas ou le haut vont faire subir aux éléments des mouvements appelés « migration ».

Les déplacements vers le bas constituent le lessivage. Ils dominent sous les climats à forte pluviométrie.

Les déplacements vers le haut constituent les « remontées compensatrices ». Ils sont liés à une forte évaporation. Les éléments peuvent aussi être remontés par les êtres vivants du sol (ex : les lombrics puisent en profondeur certains éléments et les restituent en surface dans leurs excréments).

Ces migrations différencient des couches à l'intérieur du sol que l'on appelle des **Horizons**.



2. Facteurs de la formation du sol

Il existe une grande variété de sols. Cela est dû à l'influence de certains facteurs :

a. Le climat

Son action est très importante car l'humidité et la température sont les éléments essentiels à la formation des sols.

b. La roche mère

Selon sa nature, elle présente des caractéristiques variées qui vont influencer l'évolution du sol :

- La composition chimique : roche calcaire, ...
- La perméabilité : sables
- La dureté : granite, ...

c. La végétation

Elle intervient de différentes manières :

Le pH. Selon la végétation présente, il sera plus ou moins acide.

L'enracinement plus ou moins profond facilitera les migrations des éléments.

La protection qu'elle apporte au sol face aux agents climatiques (mulch).

d. Le relief

Il intervient dans les phénomènes d'érosion, car une pente favorise l'entraînement des éléments vers le bas.

e. L'homme

Ses interventions peuvent avoir deux actions :

- Indirecte : lorsqu'il modifie la végétation naturelle (déforestation).
- Directe : lorsqu'il travaille un sol cultivé.

II. L'ÉVOLUTION D'UN SOL

1. Comment évaluer l'évolution d'un sol ?

L'évolution d'un sol peut être observée par le biais d'une coupe verticale du sol de la surface à la roche mère, c'est ce qu'on appelle un **profil pédologique**. Il met en évidence les différentes couches de sol qui diffèrent par la couleur, la taille, ...

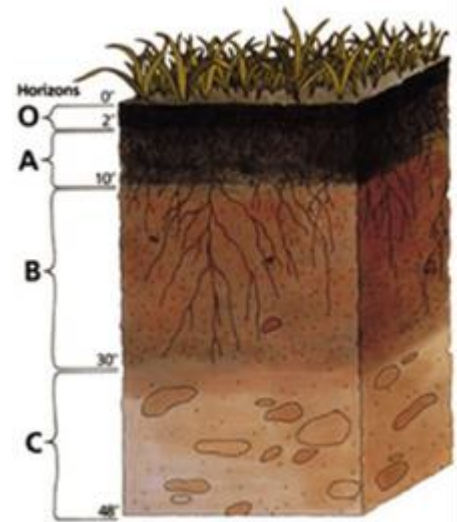
On distingue 3 principaux horizons :

L'horizon O : également appelé humus, est riche en matière organique et particules fines. Il est issu de la décomposition des végétaux et des animaux morts.

L'horizon A : contient moins de matière organique que l'horizon O, mais il est toujours riche en nutriments (azote, phosphore, potassium) et en argile. C'est la principale couche arable dans laquelle les plantes puisent leurs ressources.

L'horizon B : est formé par l'accumulation d'argile, de fer et d'aluminium provenant des horizons supérieurs. Il est plus dense et moins fertile que l'horizon A.

L'horizon C : est constitué de la roche mère altérée, sur laquelle s'est développé le sol. Il contient peu de matières organiques ou minérales assimilables par les plantes.



2. La mise en culture

La mise en culture d'un milieu naturel implique le remplacement d'une végétation naturelle par des plantes cultivées. Cette intervention change l'équilibre de l'écosystème et va en créer un nouveau : la parcelle cultivée. On parle d'agroécosystème : un écosystème géré par l'activité agricole.

Certaines techniques (ex : la déforestation), créent une forte agression pour le sol qui se retrouve nu et confronté aux agents climatiques qui le dégradent comme la pluie ou le vent. Aussi, l'agriculteur doit respecter les caractéristiques du milieu s'il ne veut pas voir son sol se dégrader trop rapidement.

a. Les causes de la dégradation des sols

▪ L'érosion hydrique

DÉFINITION :

Entraînement des éléments de terre fins par ruissellement lorsque le sol, saturé en eau, ne permet plus l'infiltration de celle-ci. Petit à petit, le sol devient de plus en plus caillouteux.

La sensibilité du sol à l'érosion hydrique dépend de :

Sa perméabilité,

Sa topographie (une forte pente est favorable à l'érosion),

Son couvert végétal (il joue un rôle d'écran à l'impact des gouttes d'eau, et favorise l'infiltration par passage de l'eau le long de ses racines).

▪ L'érosion éolienne

Beaucoup moins fréquentes, elle se manifeste lorsque :

- Le sol est meuble, sec et émiétté
- La végétation est trop clairsemée
- La surface du sol est plane
- Le vent est fort

▪ Appauvrissement des sols

À partir du moment où l'on met une parcelle en culture, il y a risque d'appauvrissement par :

- **Dégradation physique** : excès de travail du sol, engins trop lourds, ...

- **Dégradation chimique** : acidification liée à l'action de certains végétaux (résineux), ou lessivage de certains éléments comme le calcium
- **Alcalisation** : liée aux sols irrigués qui drainent mal, l'eau d'irrigation étant souvent chargée de sels et surtout de chlorure de sodium.

Sol agricole : c'est la couche de terre labourée (terre arable). En agriculture, il constitue le support et le réservoir alimentaire de la culture. Ses propriétés sont donc déterminantes pour la production.

III. ÉTUDE PHYSIQUE DU SOL

1. Les composantes du sol

Le sol comporte 3 phases :

- Phase **solide** : composée de matériaux terreux, mélange de matière minérale et de matière organique.
- Phase **liquide** : c'est l'eau contenue dans le sol.
- Phase **gazeuse** : c'est l'atmosphère du sol.

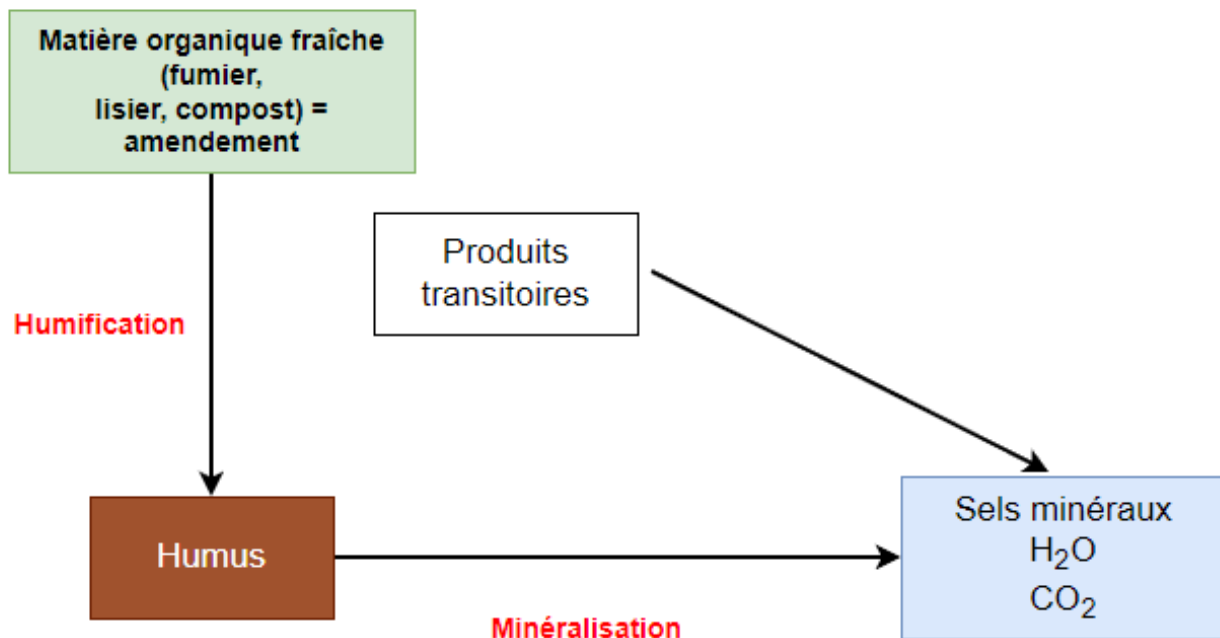
La distribution de ces phases dans le sol varie en fonction de la nature de celui-ci.

a. La matière organique

La matière organique est en constante évolution. On distingue différents stades :

- La **matière organique fraîche**, formée de résidus de végétaux, peu décomposés.
- Les **produits transitoires** en cours de décomposition (sucre, cellulose, acides organiques)
- **L'humus stable**

Tout cela ne serait pas possible sans les micro-organismes du sol.



L'humus 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.

Il peut retenir 15 fois son poids en eau et rester perméable malgré cela.

L'humus 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 : le **complexe argilo-humique**.

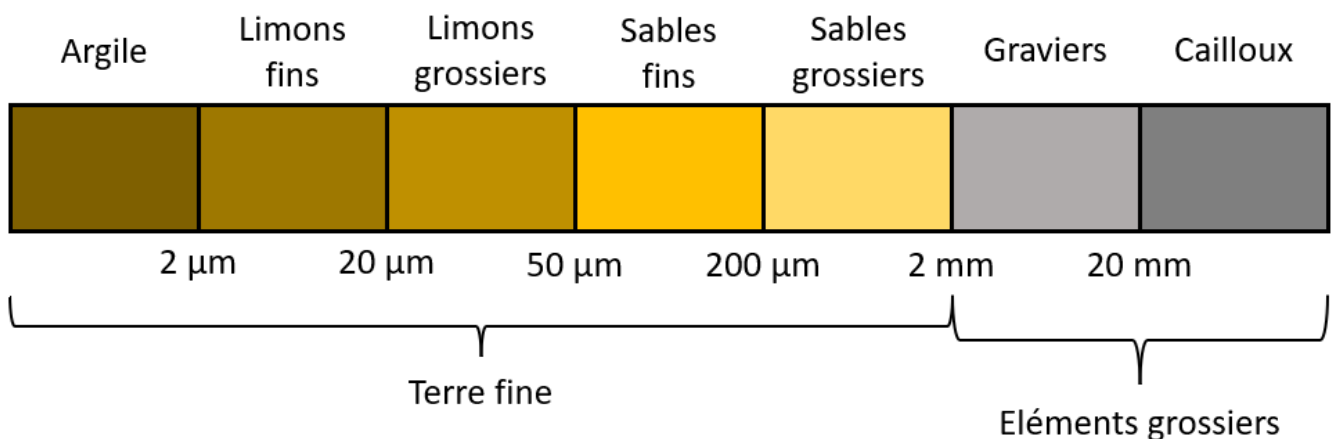
b. La matière minérale

Elle résulte de la dégradation de la roche mère. Elle est constituée d'éléments différents par leur nature (calcaire, ...) et par leur taille.

La granulométrie est importante car c'est elle qui va déterminer la distribution des éléments minéraux dans le sol.

La terre représente toutes les particules inférieures à 2 mm, celles supérieures sont appelées éléments grossiers.

Ils sont classés selon une **échelle granulométrique** :



Tous ces constituants sont en proportions très variables dans le sol et ils influencent les propriétés de celui-ci (sol battant, ...).

▪ Les éléments grossiers

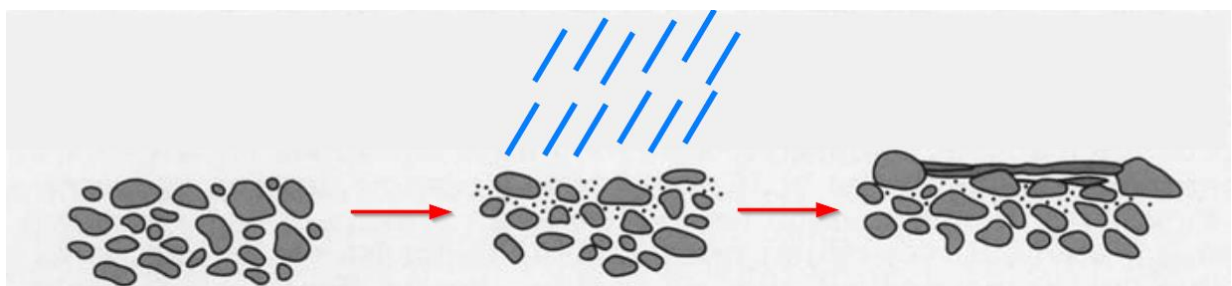
Ce sont des fragments de roches. Ils n'ont qu'un rôle de division du sol. En trop grande quantité (+ de 20% du poids de terre), ils gênent le travail du sol et le cheminement des racines.

▪ Les sables et les limons

Ils proviennent de la désagrégation de la roche.

Les sables favorisent la perméabilité du sol (on parle de sol filtrant), l'aération et le réchauffement du sol.

Les limons, du fait de leur taille plus fine peuvent être néfastes lorsqu'ils dominent de façon trop importante car le sol a tendance à se tasser sous l'effet de la pluie (croûte de battance) et entraîne des risques d'asphyxie des racines.



▪ Les éléments argileux

L'argile provient de l'altération chimique de la roche.

L'argile a un rôle essentiel dans le sol puisqu'elle enrobe les particules de sables et de limon, donnant ainsi une structure au sol.

Elle est très hydrophile : elle peut absorber beaucoup d'eau, l'argile gonfle jusqu'à devenir imperméable.

En séchant, l'argile se rétracte et forme des craquelures.

Elle est très plastique et adhérente (elle colle aux outils de travail).

▪ La texture du sol

DÉFINITION :

C'est l'ensemble des propriétés qui résultent de la taille des constituants. On l'apprécie en fonction du pourcentage des différents éléments.

On la définit à l'aide du **triangle des textures**.

C'est l'**analyse de sol** qui permet de connaître ce pourcentage.

Certains éléments comme le calcaire et la matière organique peuvent influencer les propriétés du sol lorsque leur taux devient élevé. Ces éléments ne sont pas pris en compte dans le triangle textural. On rajoute donc des préfixes ou des suffixes en fonction du pourcentage.

Ex : Teneur en calcaire entre 20 et 50% : calcaire argilo-limoneux.

Teneur en M.O. entre 5 et 20% : limono-argileux humifère.

2. La structure du sol

DÉFINITION :

La structure du sol représente le mode d'assemblage des particules entre elles. Le sol apparaît comme un ensemble d'éléments que l'on appelle des **agrégats**. L'agrégat est formé d'un squelette de grains (sable + limon) reliés entre eux par le complexe argilo-humique.

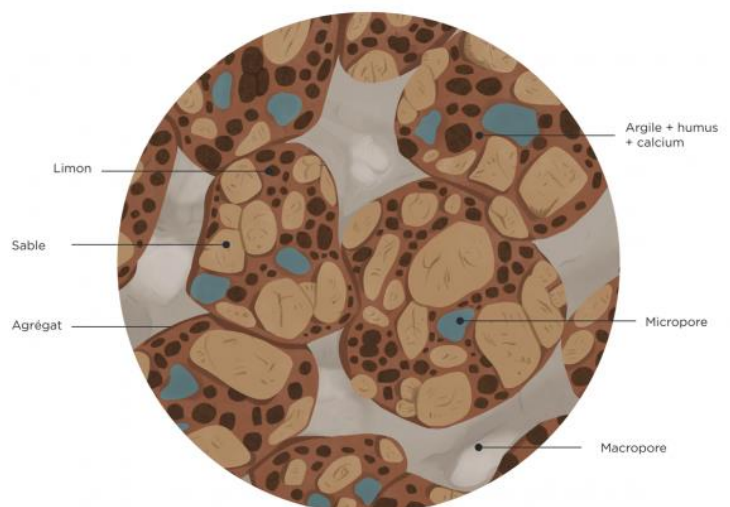


Schéma de structure du sol

La structure du sol va jouer sur différents facteurs :

- Porosité du sol, qui représente l'ensemble des espaces vides entre les particules, occupés par l'eau et l'air.
- Consistance du sol, qui peut se définir comme la résistance du sol à la déformation et à la rupture.

3. Propriétés physiques du sol

a. L'eau

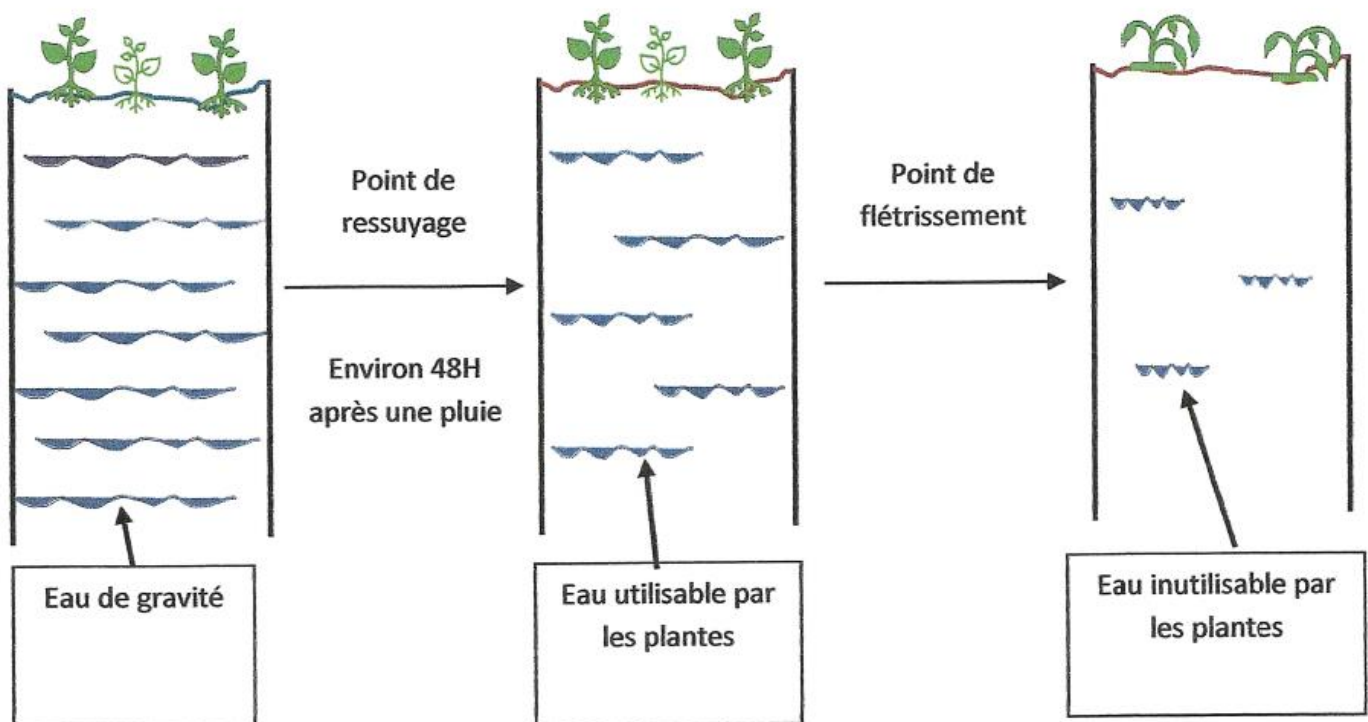
L'eau du sol provient de l'eau de pluie.

▪ Stockage de l'eau dans le sol

L'eau est retenue grâce à des forces d'attractions : « la force de succion ». Toute cette eau n'est pas forcément utilisable par les plantes, une partie est retenue par les agrégats du sol.

De plus, en dessous d'un certain taux d'humidité, la plante ne peut plus la prélever. Il existe différentes caractéristiques hydriques :

- Le **point de ressuyage** : il représente l'état d'humidité du sol à la capacité de rétention maximale lorsque l'eau de gravité s'est écoulée (environ 48h après une pluie).
- Le **point de flétrissement** : il correspond à l'état d'humidité du sol à partir duquel la plante ne peut plus prélever l'eau.



▪ Mouvement de l'eau dans le sol

L'eau dans le sol subit :

- Des mouvements descendants : c'est **la percolation**. Elle est liée à la perméabilité du sol. Plus un sol a une texture grossière, plus il est perméable.

- Des mouvements ascendants : c'est **la remontée capillaire**. Cette eau remonte progressivement à la surface soit par évaporation, soit par absorption par la plante. Plus le sol se dessèche, plus il favorise la remontée de l'eau.

Certaines techniques culturales peuvent modifier ce phénomène.

Ex : le binage : en rompant la couche sèche en surface, on diminue la remontée capillaire.

Ex : le mulching : garde l'humidité au sol et empêche la formation d'un craquellement.

b. L'air

L'air est indispensable à la respiration des racines et des autres êtres vivants du sol. Le renouvellement de l'air est favorisé par le travail du sol.

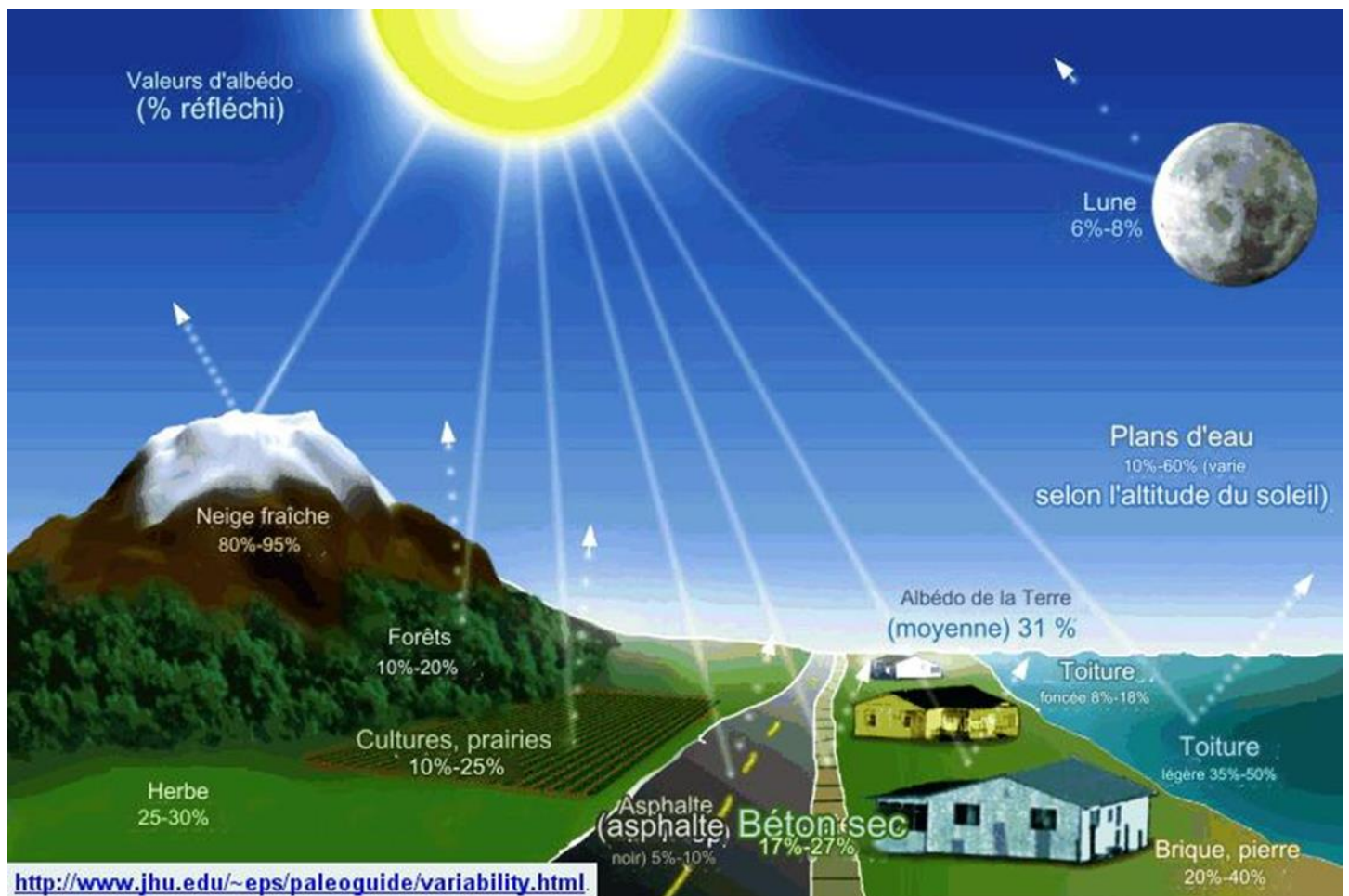
c. La chaleur

La température du sol conditionne la germination, la croissance des racines et l'activité des êtres vivants du sol.

Elle dépend de :

- L'énergie solaire arrivant au sol
- L'humidité, l'eau demandant plus de chaleur pour se réchauffer
- La couleur (un sol sombre absorbe plus de chaleur)

Albédo :



IV. ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL

Le sol représente le support de la plante. Il constitue également le milieu nutritif de celle-ci.

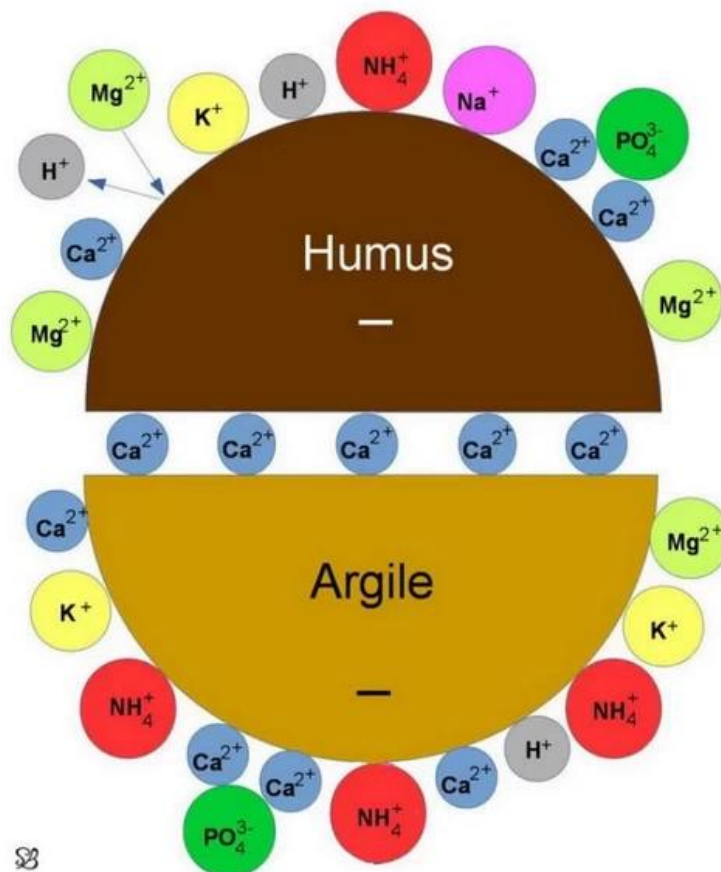
1. Le complexe argilo-humique

DÉFINITION : le CAH est l'ensemble des forces qui retiennent les cations échangeables sur la surface des constituants minéraux et organiques des sols (le mélange de l'argile et de l'humus). Ces **cations** constituent le réservoir de fertilité du sol. C'est ce qu'on appelle la **Capacité d'Échange Cationique**.

D'un point de vue chimique, l'argile et l'humus ne devraient pas se lier entre eux, car se sont tous deux des colloïdes électronégatifs, et se repoussent donc naturellement. Les cations créent des ponts entre les deux colloïdes.

Le calcium Ca^{2+} crée un pont calcique entre les deux éléments. C'est la combinaison la plus solide qui existe. Mais il n'est pas le seul à pouvoir créer cette association : ex : Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , ...

Complexe argilo-humique



Colloïde électronégatif : corps chargé négativement en surface.

Colloïde : corps macroscopique pouvant se déformer (pâte), pouvant se charger positivement ou négativement.

Ils peuvent prendre deux formes dans l'eau :

Dispersé : l'eau et l'argile se mélangent. Les molécules négatives d'argile se repoussent en permanence.

Floculé : l'eau et l'argile ne se mélangent pas. Cela est dû à l'ajout d'un élément positif (ex : chaux : $\text{Ca}(\text{OH})_2$) qui neutralise les charges négatives de l'argile.

Dans le sol, l'intérêt est que l'argile soit floculée : elle enrobe les particules de sable et de limon, et donne ainsi une bonne structure au sol. Elle protège l'humus de la minéralisation.

Pouvoir floculant : $\text{H}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$

H acidifie le sol et ne crée pas de pont calcique.

Le CAH est le **réservoir nutritif des plantes**, la fixation des cations est réversible. Il existe des phénomènes d'échanges entre les éléments.

2. La CEC

La **Capacité d'Échange cationique** du sol représente la taille du réservoir permettant de stocker certains éléments fertilisants cationiques. Elle représente la quantité maximum de cations que peut contenir 100g de sol. Plus elle est importante, plus elle fixe d'ions +. Pour la mesurer, on utilise la méthode Metson. On la trouve sur les analyses de sol.

3. Importance du pouvoir absorbant dans le sol

DÉFINITION : c'est la capacité que possède le CAH à retenir à sa surface certains ions provenant de la solution du sol.

a. Principaux éléments dans le sol

Tous les éléments nutritifs de la plante proviennent du sol, hormis le carbone, l'oxygène et l'hydrogène puisés dans l'air et dans l'eau.

Ces éléments sont classés en 3 groupes :

- Les **éléments majeurs** : N, P, K
- Les **éléments secondaires** : Ca, Mg, S (souvent présents en quantité dans le sol).
- Les **oligo-éléments** : les six principaux sont Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo



Tous ces éléments se trouvent dans le sol sous des formes diverses : chaque élément a une dynamique spécifique et peut ne pas être assimilable pour les plantes.

b. Exemple de l'azote

Dans le sol, l'azote se trouve sous 3 formes :

- **Gazeuse** : dans l'atmosphère du sol où il représente environ 80%
- **Organique** : constituant de la matière organique
- **Minérale** : sous forme ammoniacale ou nitrique

La forme minérale nitrique est la plus assimilable. L'azote ammoniacale et organique représentent des réserves pour la plante car ils se transforment progressivement en azote nitrique.

L'azote gazeux n'est utilisable que par certaines plantes : les **fabacées**, qui fixent l'azote de l'air grâce à une **bactérie** : le **rhizobium**.

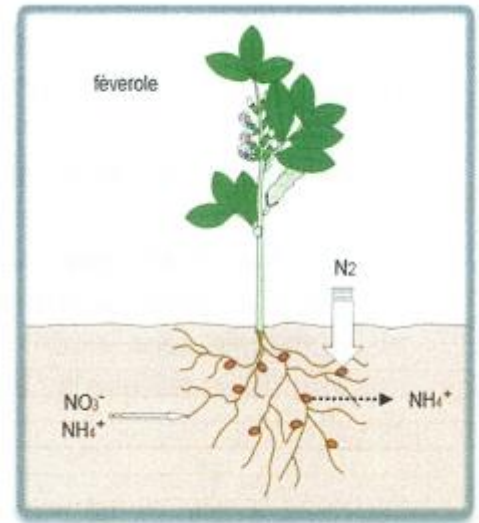
Fabacées = légumineuses

Poacées = graminées

Herbe = ray grass anglais + trèfle blanc

NO₃ : Nitrate N₂ : azote

NH₄ : ammonium



Source : SVT Belrose

4. Le pH

Le pH de sols a pour extrême 4,5-5 pour les sols les plus acides et 8,5 pour les terres très basiques, contrairement à la chimie où le pH varie de 0 à 14.

a. Importance du pH dans le sol

- **Les propriétés du sol.** Un pH acide entraîne un mauvais fonctionnement du pouvoir absorbant, en partie dû au manque de calcium.
- La **végétation** : le pH influence la croissance des plantes à tel point que certaines espèces ne poussent que sur certains types de sols.
- Les **micro-organismes** : leur activité est meilleure lorsque le pH est voisin de la neutralité (entre 6,5 et 7,5)

b. Variation du pH dans le sol

Le pH des sols varie dans l'espace et dans le temps :

- Dans l'espace : la roche mère libère +/- de roches calcaires.
- Dans le temps : le pH en été est légèrement plus faible dû à la forte activité biologique qui produit des acides organiques.

Selon les sols, cette variation est différente. Le pouvoir tampon est la capacité du sol à résister aux variations de pH ; plus la CEC est importante, plus le pouvoir tampon est fort.

5. Activité biologique du sol

a. La faune du sol

Elle est très variée, et les animaux sont classés selon leur taille :

- Macrofaune (> 4 mm) : principalement lombrics et insectes
- Mésofaune (0,2 et 4 mm) : ex : nématodes (vers ronds) et acariens
- Microfaune (< 0,2 mm) : protozoaires

La faune dans le sol représente 2 à 5 T/ha.

Elle a pour rôle la fragmentation de la matière organique fraîche qui facilite sa décomposition.

Les animaux les plus efficaces sont les lombrics : ils fragmentent la MO, la mélangent à la matière minérale et la répartissent dans le sol. De plus, ils creusent des galeries qui améliorent la porosité.

b. La flore du sol

Elle est représentée par les champignons, les bactéries et les algues. Ils peuvent atteindre plusieurs tonnes/ha. Ils jouent un rôle essentiel dans l'évolution de la matière organique vers la minéralisation.

c. Mycorhizes

La mycorhization est une symbiose entre un champignon et une plante. Le champignon améliore l'alimentation de la plante tandis que la plante fournit au champignon les substances énergétiques dont il a besoin.