

Le sol et la plante



Legros Sandra

sandraformaterra@gmail.com

sandra.legros@formaterra.re

Plan de présentation

- I) Formation du sol
 - a) La terre arable
 - b) Le sol inerte et la roche mère
 - c) Les étapes de la formation du sol
- II) La coloration du sol
 - a) Les mécanismes qui colorent le sol
- III) Les sols de La Réunion
 - 1) type de sol
 - a) Les andosols et andosols perhydratés
 - b) Sols bruns andiques
 - c) Les sols bruns fersiallitisés et ferrallitiques
 - d) Sols vertiques
 - e) Répartition
 - 2) Caractéristique agronomique
- IV) La texture d'un sol
 - a) Comment on détermine la texture du sol ?
- V) La structure d'un sol
- VI) Les constituants du sol
- VII) Les 3 factions du sol
 - a) La composition minérale du sol
 - b) Composition organique du sol
 - b.1) Les agents de l'humification
 - b.1.1) Les Bactéries
 - b.1.2) Les Mycètes ou Fungi
 - b.2) Les agents de l'humification (macrofaune)
 - b.2.1) Les « Arthropodes » ou Panarthropodes
 - b.2.2) Les « lombrics » ou Annélides
- b.3) Catégorisation selon la taille de la faune dans le sol
- c) Régulation des flux de gaz et d'eau
- IX) Classification des humus
 - a) Complexe argilo-humique
 - b) La capacité d'échange cationique (CEC)
- X) Structure d'un sol
 - a) Formation de l'agrégat
 - b) Les types d'agrégats
 - c) Absence d'agrégat
- XI) Fonctions biologique du sol
- XII) Rôle de fertilité du sol
- XIII) Humidité dans le sol
- XIV) Le pH
- XV) Rhizosphère
- XVI) Le problème des nitrates

Le sol c'est quoi ?

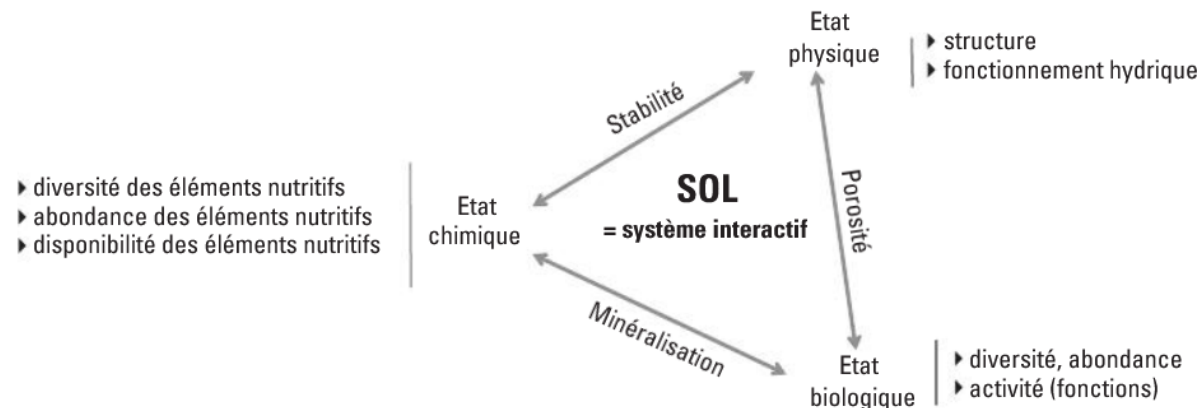
- Le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable résultant de la transformation et de la roche mère sous jacente sous l'influence de divers processus, physique, chimique et biologique" (A. Deemlon)



Le sol c'est quoi ?

- Le sol est la 1^{re} composante du milieu de la plante, le sol doit présenter certaines qualités :
 - 1) en tant que support, il doit être stable, continu, meuble et le plus possible profond
 - 2) en tant que pourvoyeur, il doit donner accès à l'eau, l'air, les nutriments et permettre l'activité des micro-organismes utiles et indispensables au passage entre les substances nutritives organiques et minérales et la plante à nourrir. L'épaisseur du sol est en moyenne de 1 à 2 mètres.

Les différents états du sol



Le sol

Le sol fournit à la plante:

- **Un support pour s'enraciner**
- **Les éléments minéraux essentiels**
- **L'eau**
- **L'oxygène**

Le sol est constitué d'une partie minérale et d'une partie organique

- **Composante minérale**

Se forme à partir de l'érosion de la roche mère

- **Composante organique**

C'est l'**humus** du sol

- **Composante liquide**

C'est la **solution** du sol, contenant les éléments minéraux dissouts.

- **Composante gazeuse**

Issu de la décomposition de la matière organique



Couche riche en humus (contient 10% à 15% de matière organique)

Couche pauvre en matière organique, mais riche en minéraux lessivés à partir de l'humus

Roche mère

I) La formation du sol

- Une origine géologique et une origine organique

Un sol provient de la décomposition et de l'altération d'une roche mère il peut s'agir d'une roche dure, roche tendre ou meuble, l'intensité de cette altération dépend du climat. Le résultat de ces dégradations est d'abord un mélange. ce sont des constituant minéraux désagrégés mais non altéré

Le sol ne prend naissance que lorsqu'avec ces constituant minéraux nous rajoutons des constituants organiques c'est à dire venant d'organismes végétaux et animaux, a partir de ce moment les débris végétaux aboutissent à la formation de substances noires plus ou moins pâteuse réunis sous le nom de " humus" et ces substances influence la fertilité du sol en associant avec les agents climatiques jouer un rôle primordial dans l'évolution ultérieure du sol

I) La formation du sol

- Le sol est stratifié en plusieurs couches selon sa profondeur !
 - 1) 5 à 30 premiers centimètres de profondeur: c'est la partie superficielle du sol ou la terre.
 - 2) 30cm à 80cm: c'est le sol inerte,
 - 3) Enfin, au plus profond on trouve la roche mère.

Ces éléments sont classés selon leurs densités, c'est-à-dire les éléments les plus lourds et grossiers seront placés en bas et les éléments les plus fin et les plus légers seront placés vers le haut.

a) La terre arable

- La partie superficielle du sol ou la terre arable est la couche la plus fertile, (5 à 30 premiers centimètres de profondeur). Elle correspond à la litière et à l'horizon organo-minéral de surface. La litière s'y transforme, la faune et la microflore y sont les plus actives et les végétaux s'y enracinent préférentiellement. Cette couche est le site principal d'absorption de l'eau et des éléments minéraux par les racines ; c'est aussi le lieu des réactions biochimiques de transformation des matières organiques par les microorganismes du sol.



b) Le sol inerte et la roche mère

- Sol inerte : couche non travaillée, mais exploités par des racines (profondeur variable max 80cm) . Pauvre en matière organique et contient les minéraux lessivés.
- Roche mère peut avoir des caractères variés d'une roche dure (granite), basalte, d'une roche tendre (calcaire), ou d'une roche meuble (argile). Sa dégradation va permettre la formation du sol tel que l'on le connaît.



Couche riche en humus (contient 10% à 15% de matière organique)

Couche pauvre en matière organique, mais riche en minéraux lessivés à partir de l'humus

Roche mère

c) Les étapes de la formation du sol

- 1) formation des éléments grossiers et de la terre fines, issus de la dégradation de la roche mères (roches profondes). Cette dégradation se produit de différente manière:

-physique: climat, température, érosion

-chimique: pH, action de l'eau, minéralisation, passage à l'état gazeux, etc...

-biologique: macrofaune et microfaune qui vont consommer les minéraux et les transformer.

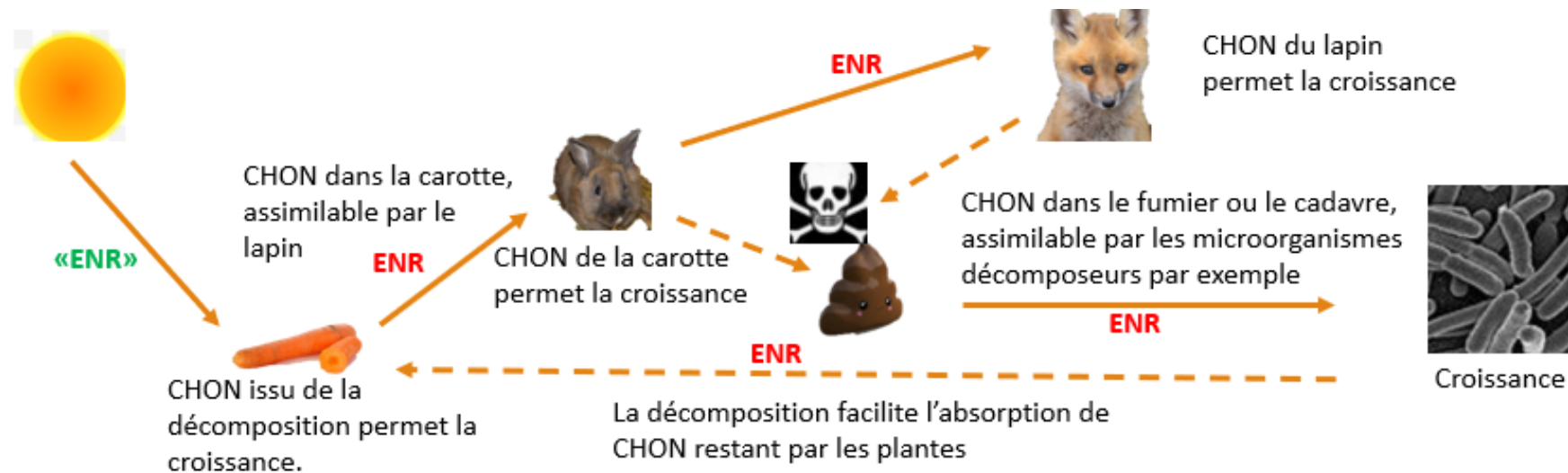
Ces éléments vont ensuite être stratifiés selon leurs densités et leurs granulométries.

c) Les étapes de la formation du sol

- 2) Ajout de constituants organiques c'est à dire venant d'organismes végétaux et animaux. Il s'agit de déjection, de cadavre, de tissus morts. La matière organique, c'est ce qui compose le vivant, son ajout dans le sol fait partie d'une chaîne d'étape dans le développement de cette matière organique.
- À partir de ce moment les débris végétaux aboutissent à la formation de substances noires plus ou moins pâteuse réunis sous le nom de "humus" et ces substances influencent la fertilité du sol en s'associant avec les facteurs environnementaux pour jouer un rôle primordial dans l'évolution du sol ensuite.

c) Les étapes de la formation du sol

- Il faut voir la matière organique comme un carburant nécessaire aux être vivants. Ils vont chercher à la récupérer dans le milieu quand c'est possible (autotrophie), sinon, ils vont se la voler entre eux.



c) Les étapes de la formation du sol

4) Dans le sol, les mouvements de l'eau vers le bas et le vers le haut vont faire subir à l'humus (au dessus de la terre arable) des migrations :

- Déplacement vers le bas constitue le lessivage, très à risque lorsque la pluviométrie est importante
- Les déplacements vers le haut dominant à contraire lorsqu' il fait chaud et qu'il y a une forte évaporation
- L'intensité des migrations dépend de nombreux facteurs parmi lesquels figurent la pluviométrie, la teneur en calcium et la nature de l'humus formé

Ces formations du sol, créer deux grands types de sols :

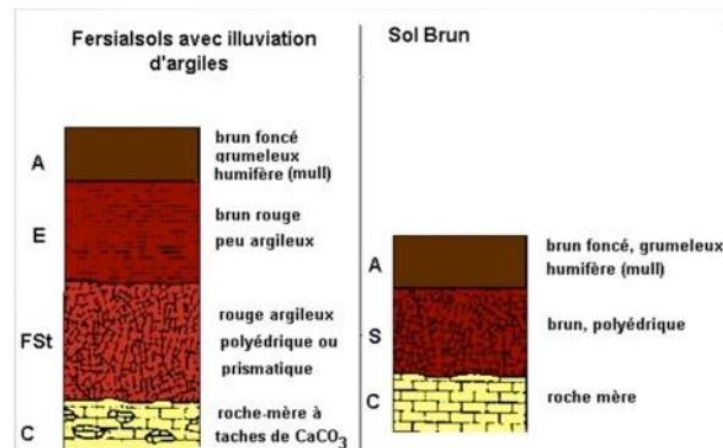
1) Sols jeunes : peu profonds et peu différents de la roche mère

2) Sols évolués : plus profonds et dont le profil du sol montera une succession d'horizons (stratifiés)



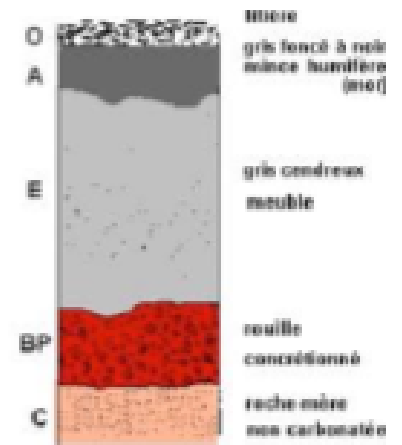
II) La coloration du sol

Composant du sol	Coloration
la matière organique	noir, marron, gris foncé
le calcaire et les sels solubles (ex:NaCl)	colorent en blanc
fer ferreux (fer réduit dont la présence est due à un excès d'eau)	gris ou bleu
Goethite	brun ou en jaune
Hématite	rouge



a) Les mécanismes qui colorent le sol

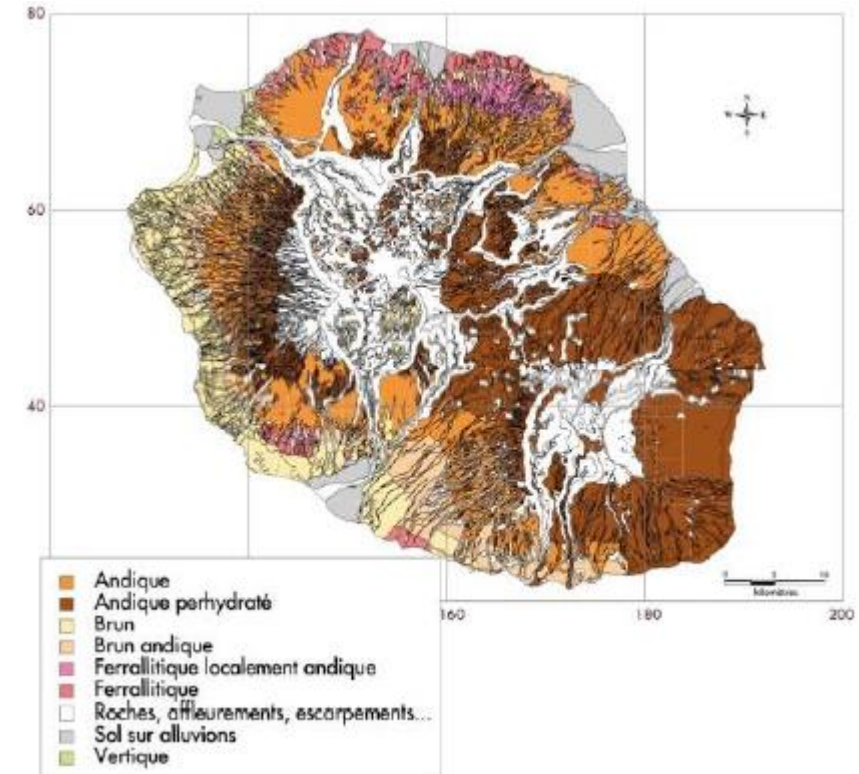
- 1) les activités biologiques : elles accumulent de la matière organique, les couleurs s'assombrissent
- 2) les migrations et accumulations de calcaire et de sels : les horizons d'accumulation blanchissent
- 3) les migrations et accumulations d'argile (et du fer qui l'accompagne) : les horizons appauvris s'éclaircissent ; les horizons d'accumulation brunissent ou rougissent
- 4) les régimes hydriques :
 - les horizons très bien drainés, recevant beaucoup d'eau mais s'asséchant vite et souvent, sont facilement rouges
 - les horizons drainés moyennement sont bruns ou jaunes
 - les horizons mal drainés sont gris ou tachetés (de gris, de rouille, de jaune, de noir)



III) Les sols de La Réunion

2) Répartition en pourcentage des différentes typologies de sol à La Réunion

Type de sol	Proportion de la surface en canne cultivée sur chaque type de sol (%)	Zone géographique
Andosol	34,8	Zone est, zone sud et hauts de l'Ouest.
Andosol perhydraté	22,8	Zones humides de l'Est
Sol brun andique	16,5	Sur les cendres des zones de moyenne altitude de l'Ouest Sur des coulées faiblement altérées
Sol brun	12,9	Zones basses de l'Ouest
Sol ferrallitique	12,6	« Terres franches » des plaines du Nord-Est
Sol vertique	0,4	Zones sèches littorales de l'Ouest, situation en cuvette et replat

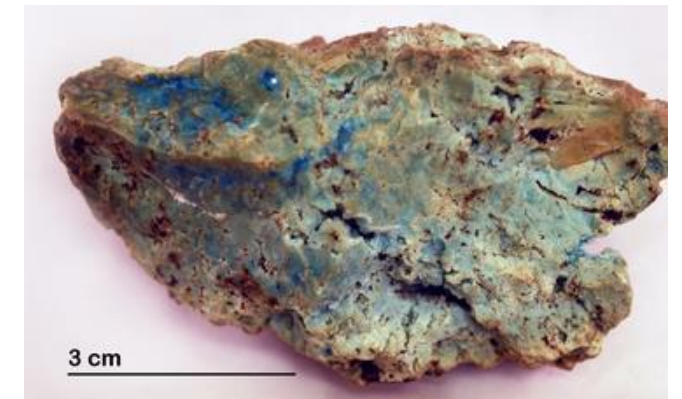


1a) Les andosols et andosols perhydratés

- Autre dénomination: andosols, silandiques et hydriques).
- Ce sont des sols assez jeunes formés sur des cendres volcaniques récentes. Ils représentent plus de 57 % de la surface cultivée en canne à La Réunion. Leurs éléments fins sont particuliers : pas d'argiles cristallisées mais des silicates d'alumine peu cristallisés, appelés imogolites et allophanes. Leur capacité d'échange cationique et anionique est très élevée. Les allophanes sont fortement liés à la matière organique du sol, ce qui explique que les teneurs en matière organique de ces sols sont élevées. Les andosols réhydratés contiennent naturellement beaucoup d'eau (plus de la moitié de leur poids frais, du fait d'une microporosité très développée et de l'existence de gels de silicate d'alumine hydratés).



allophanes



1b)Sols bruns andiques

- Autre dénomination: cambisols andiques.
- Ce sont des sols intermédiaires entre les sols andiques et les sols bruns. Ce sont d'anciens andosols situés en zone plus sèche et évoluant lentement vers des sols bruns.



1c) Les sols bruns fersiallitisés et ferrallitiques

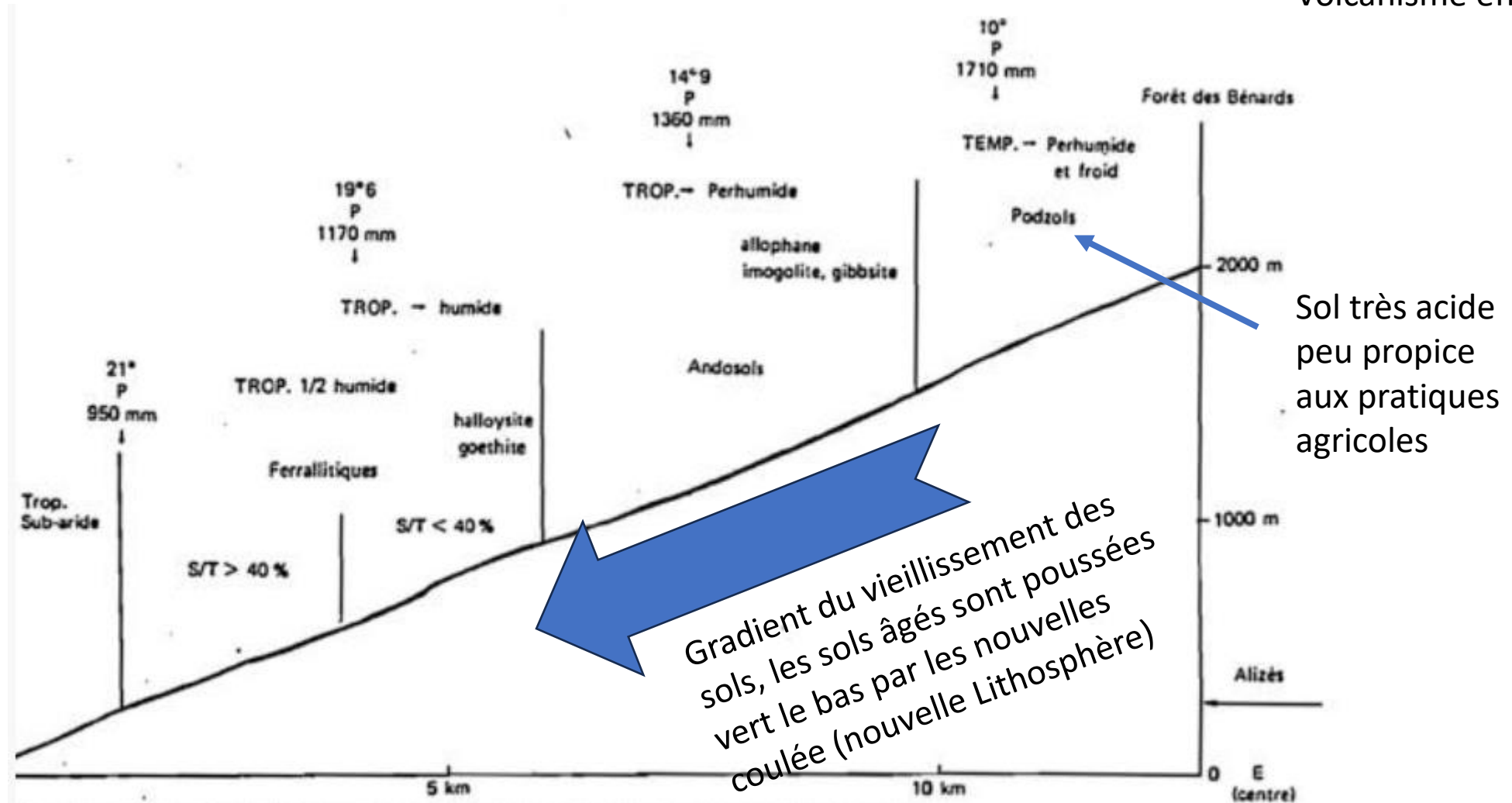
- Appelé aussi cambisol ou umbisol.
- Ce sont des sols plus âgés et plus évolués que les andosols. Ils sont issus de coulées anciennes et situés dans des zones moins humides. Leurs argiles appartiennent surtout à la famille des kaolinites et elles contiennent des oxydes métalliques. Les sols bruns fersiallitisés sont intermédiaires entre les sols bruns et les sols ferrallitiques. Ils sont situés surtout dans les zones basses de l'Ouest. Les sols ferrallitiques (nitisols) sont les plus anciens de l'île. Ils ont subi des séries de décapage et de recouvrement. On les trouve surtout sur les plateaux du Nord-Est.

1d)Sols vertiques

- Les sols vertiques sont caractérisés par la présence d'argile gonflante de type smectite, avec une forte capacité d'échange cationique, saturée en calcium et en magnésium. Peu de plantes s'adaptent à leur structure en colonne due au gonflement et à la rétraction des argiles dans l'horizon B structural.

1e) Répartitions des sols sur l'île selon l'altitude

Volcanisme effusif



2) Caractéristiques agronomiques locales

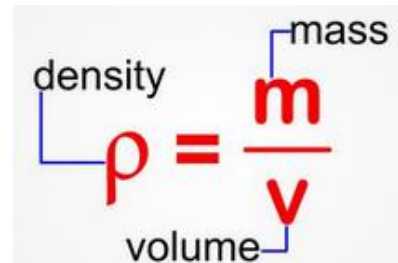
- La texture de la plupart des sols de La Réunion est fine : elle est argilo-limoneuse à argileuse.
- Les sols de La Réunion sont peu épais (< 1 m), parce qu'ils sont jeunes et parce qu'ils subissent l'érosion et le décapage.
- *La composition d'un sol est généralement composé d'argile, de limon, et de sable. Ces 3 éléments sont classés en fonction de leur taille selon une échelle granulométrique.

TABLEAU 1-4: LES CONSTITUANTS MINÉRAUX D'UN SOL

Terre fine (en mm)					Refus (en mm)
Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Cailloux et graviers
< 0,002	0,002 à 0,02	0,02 à 0,05	0,05 à 0,2	0,2 à 2	> 2

Caractéristiques agronomiques locales

- Les sols de La Réunion sont très perméables et ils ont une forte porosité (50 à 60 %), à cause d'une densité apparente faible (1 pour les andosols ; 1 à 1,3 en surface pour les autres sols). Cela veut dire que la masse du sol est quasi égal à son volume.



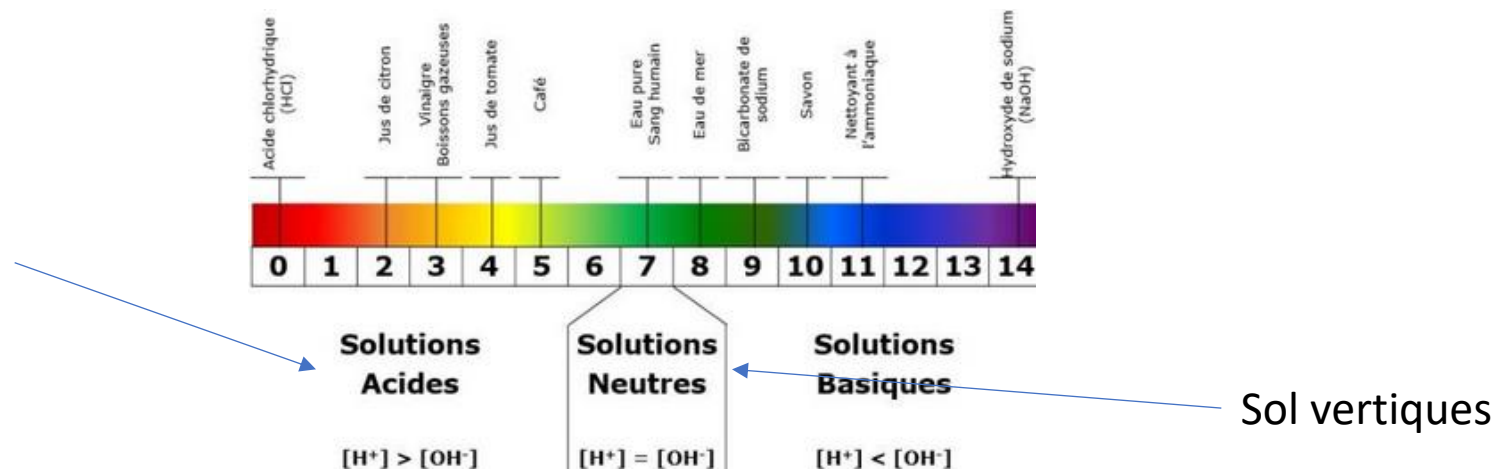
The diagram shows the formula for density, $\rho = \frac{m}{v}$. The Greek letter ρ is labeled 'density' with a blue line. The letter 'm' is labeled 'mass' with a blue line. The letter 'v' is labeled 'volume' with a blue line. The equals sign and the fraction bar are in red.

- La réserve en eau utile (RU) est élevée, 80 à 130 mm sur 60 cm d'épaisseur, offrant ainsi une bonne capacité de stockage de l'eau.
- Au séchage, les éléments fins des andosols se réorganisent en pseudo-sables, ce qui leur donne des propriétés physiques particulières proches de celles des sols sableux. Les agriculteurs utilisent ces propriétés en privilégiant les cultures à racines (vétiver, pomme de terre, carotte...).

Caractéristiques agronomiques locales

- Les sols sur pente ont beaucoup d'éléments grossiers d'origine diverse (pierres, « galets »), sauf s'il s'agit de sols sur cendres récentes localisées souvent dans les hauts de l'île.
- La plupart des sols sont acides. Les sols andiques et ferrallitiques sont très acides, plus que les sols bruns ; les sols vertiques sont neutres. Un zonage très net de l'acidité existe sur l'île : les sols du Nord-Est sont très acides et les sols de l'Ouest ont une faible acidité.

Sol andiques et ferrallitiques



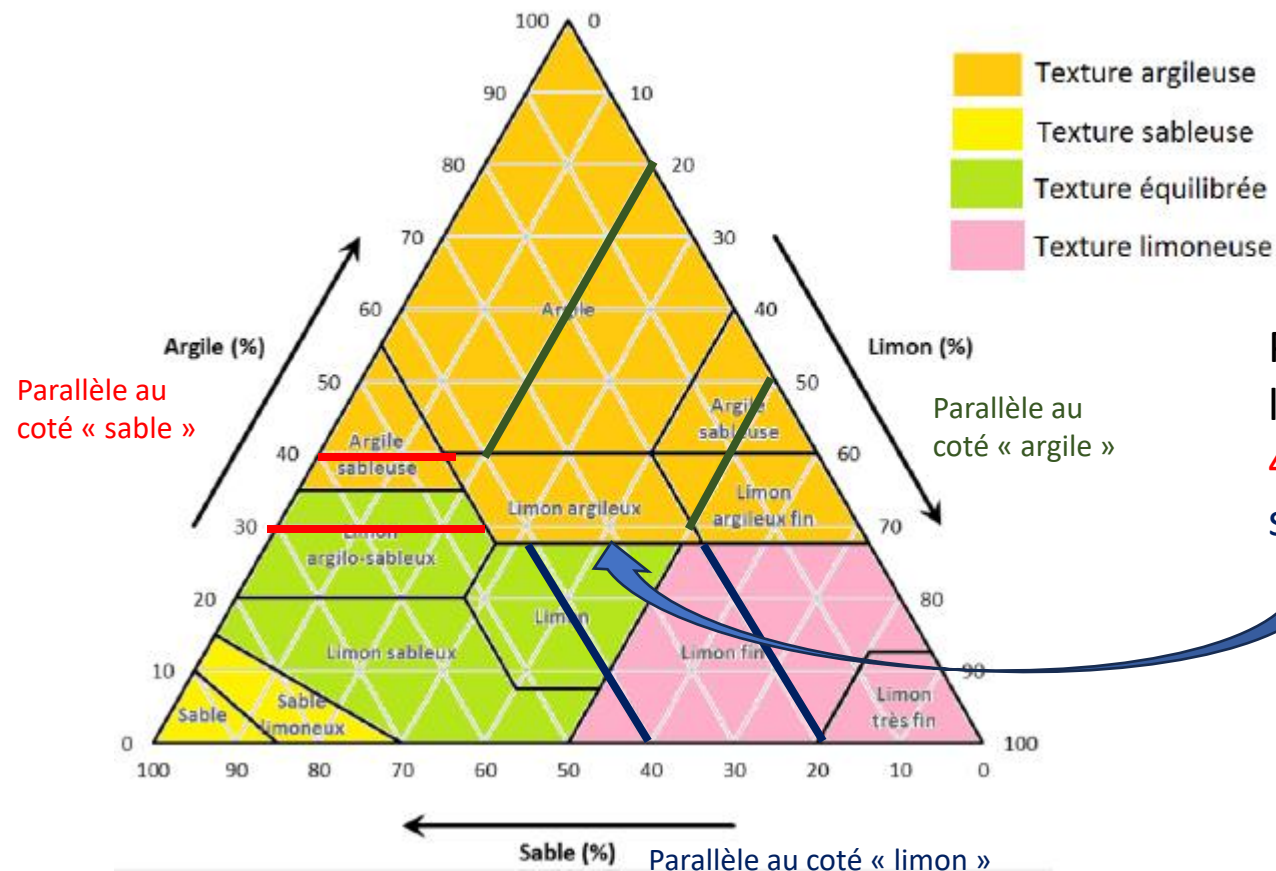
IV) La texture d'un sol

- La texture d'un sol correspond à la répartition dans ce sol des minéraux par catégorie de grosseur (diamètre des particules supposées sphériques) indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. La texture du sol ne tient pas compte du calcaire et de la matière organique.
- Cette classification est représentée à l'aide d'un triangle, appelé triangle des textures, dont les trois côtés correspondent respectivement aux pourcentages de sable, de limon et d'argile.

a) Comment on détermine la texture du sol ?

Via le triangle de texture

- Ce triangle permet de définir la texture du sol.



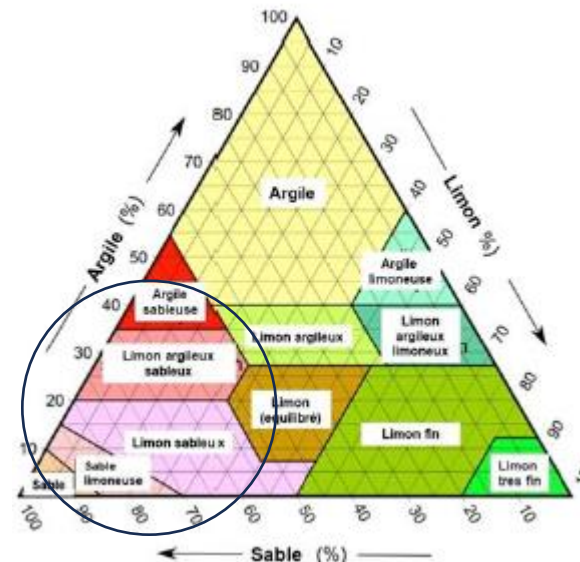
Par exemple pour avoir une texture argilo-limoneuse il faudra selon le triangle entre **30 et 40 % d'argile**, **20 et 50 % de limon** et **20 à 45% de sable**

La texture du sol va impacter sa structure et donc des éléments comme l'insertion des racines peuvent être facilités ou non.

V) La structure d'un sol

- Il est possible de regrouper les textures en quatre classes fondamentales, qui permettent de définir les principales propriétés du sol :

1) texture sableuse : sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible capacité d'échange anionique et cationique.

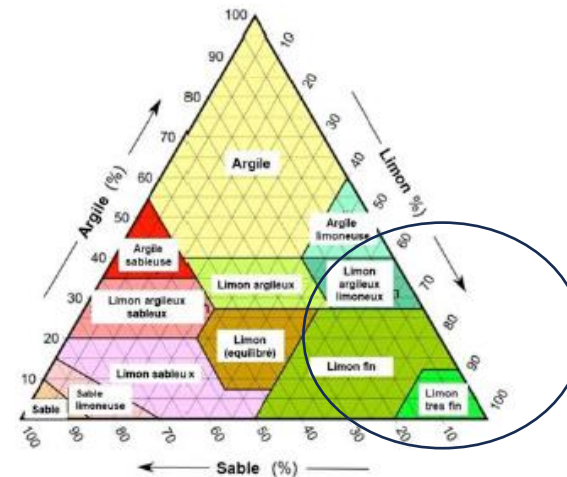


V) La structure d'un sol

- Il est possible de regrouper les textures en quatre classes fondamentales, qui permettent de définir les principales propriétés du sol :

2) texture limoneuse : l'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques.

Cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus et calcium.



V) La structure d'un sol

- Il est possible de regrouper les textures en quatre classes fondamentales, qui permettent de définir les principales propriétés du sol :

3) texture argileuse : sol chimiquement riche, mais à piètres propriétés physiques; milieu imperméable et mal aéré, formant obstacle à la pénétration des racines ; travail du sol difficile, en raison de la forte plasticité (état humide), ou de la compacité (sol sec). Une bonne structure favorisée par l'humification corrige en partie ces propriétés défavorables.

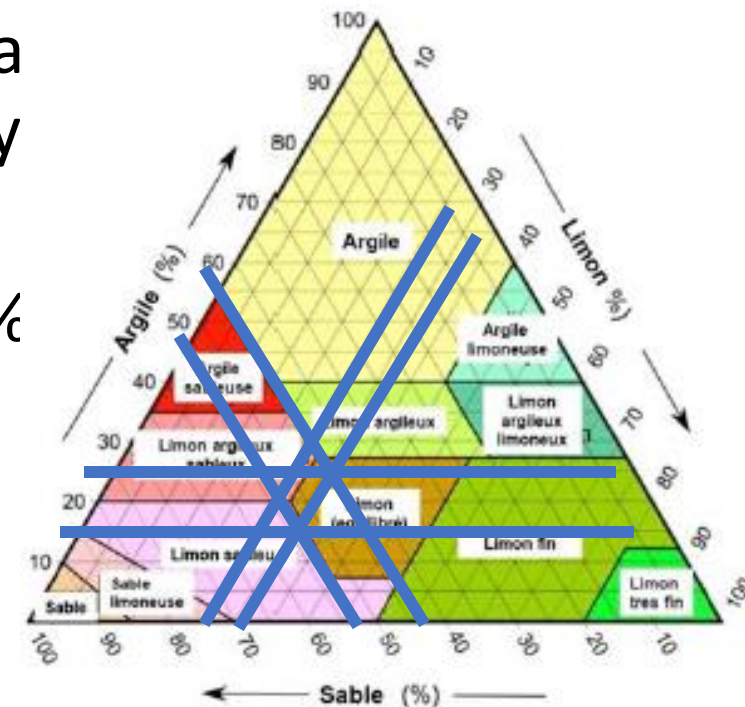


V) La structure d'un sol

- Il est possible de regrouper les textures en quatre classes fondamentales, qui permettent de définir les principales propriétés du sol :

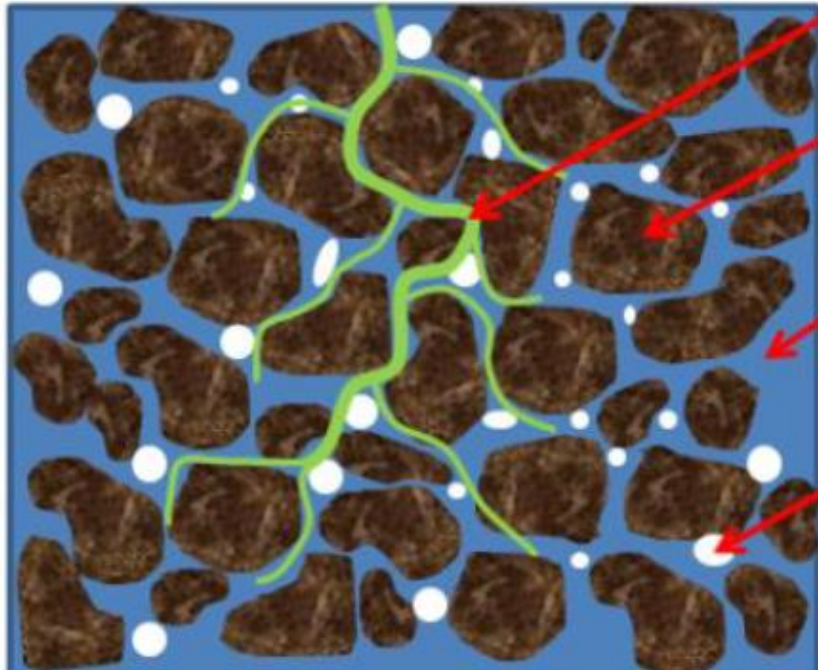
4) texture équilibrée : elle correspond à l'optimum, dans la mesure où elle présente la plupart des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts.

Exemple de granulométrie favorable à la culture : 15 à 25% d'argile, 30 à 35% de limons, 40 à 50% de sables.



VI) Les constituants du sol

Constituants d'un sol:



Racines

Fraction solide:

Agrégat organique et minéral

Fraction liquide:

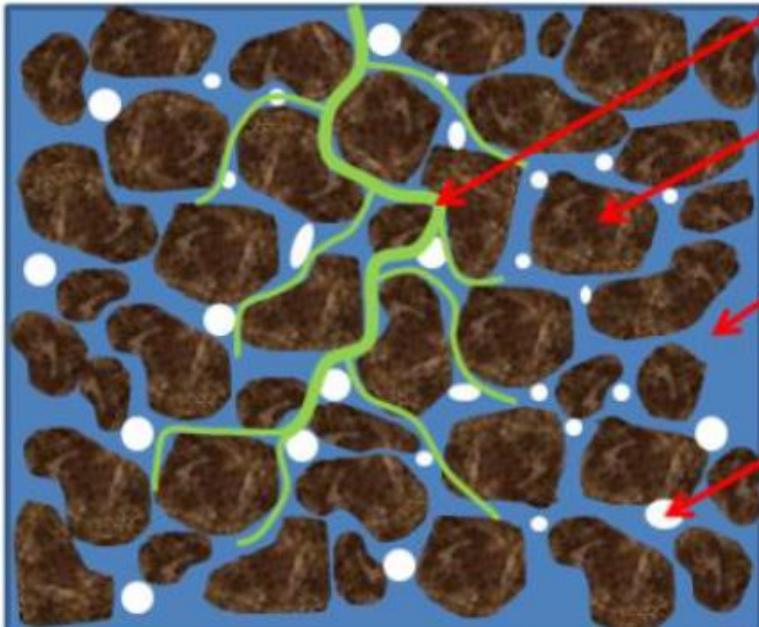
eau + substances dissoutes

Fraction gazeuse:

air + gaz issu de la décomposition du sol

VI) Les constituants du sol

Constituants d'un sol:



Racines

Fraction solide:

Agrégat organique et minéral

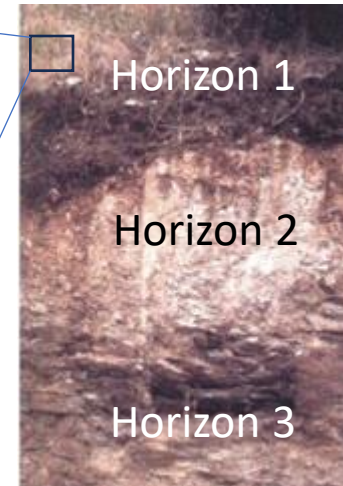
Fraction liquide:

eau + substances dissoutes

Fraction gazeuse:

air + gaz issu de la décomposition du sol

Rappel



Horizon 1

Terre arable

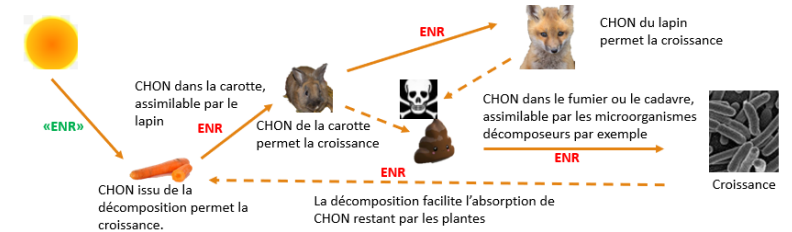
Horizon 2

Sol inerte

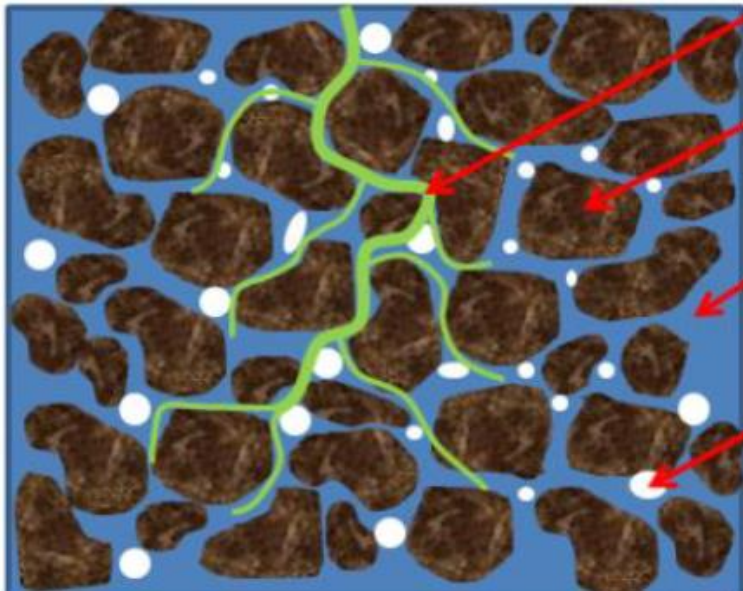
Horizon 3

Roche mère

VI) Les constituants du sol



Constituants d'un sol:



Racines

Fraction solide:

Agrégat organique et minéral

Fraction liquide:

eau + substances dissoutes

Fraction gazeuse:

air + gaz issu de la décomposition du sol

Humus/matière organique

Horizon 1

Horizon 2

Horizon 3

Terre arable

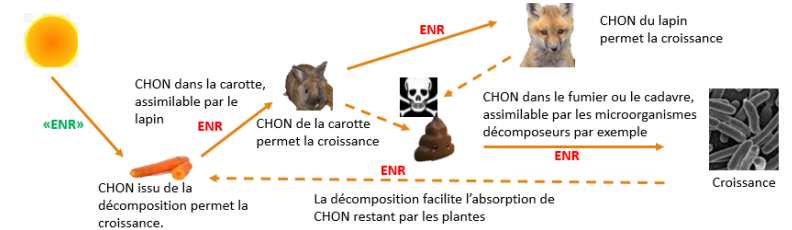
Sol inerte

Roche mère

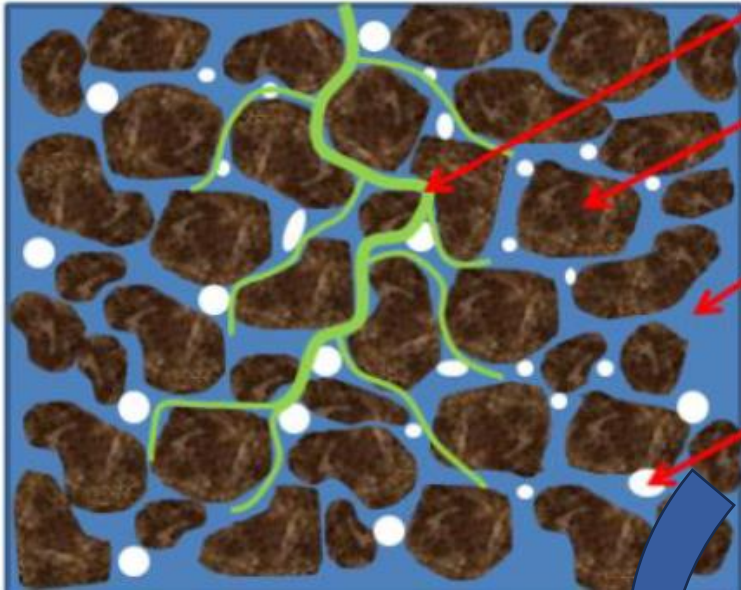
Mouvement d'eau

Érosion et libération d'éléments minéraux

VI) Les constituants du sol



Constituants d'un sol:



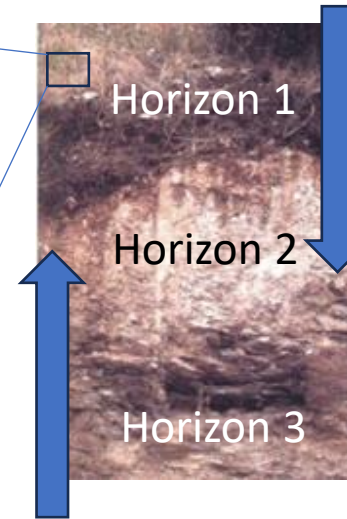
Racines

Fraction solide:
Agrégat organique et minéral

Fraction liquide:
eau + substances dissoutes

Fraction gazeuse:
air + gaz issu de la décomposition du sol

Humus/matière organique

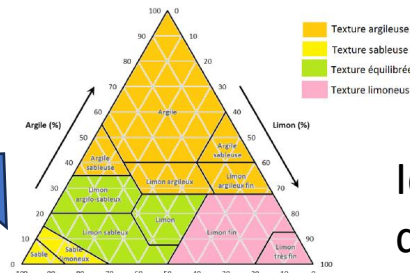
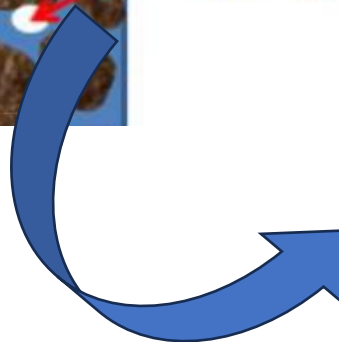


Terre arable

Sol inerte

Roche mère

Érosion et libération
d'éléments minéraux



Identification de la texture et
de la structure

VII) Les 3 factions du sol

- Compte tenu des propriétés liées à la physique et aux variations de facteurs environnementaux, le sol peut se diviser en 3 factions différentes:

1) Une fraction solide composée d'éléments minéraux (sables, limons, calcaire, argiles) qui proviennent de la désagrégation de la roche mère mais peut aussi venir de l'homme par des apports de sables ou d'amendement calcaire par exemple.

*Un amendement, consiste à améliorer la qualité et la structure du sol sans pour autant apporter des éléments nutritifs. En jardinerie, c'est le sachet portant l'inscription NFU 44.

VII) Les 3 factions du sol

- Compte tenu des propriétés liées à la physique et aux variations de facteurs environnementaux, le sol peut se diviser en 3 factions différentes:

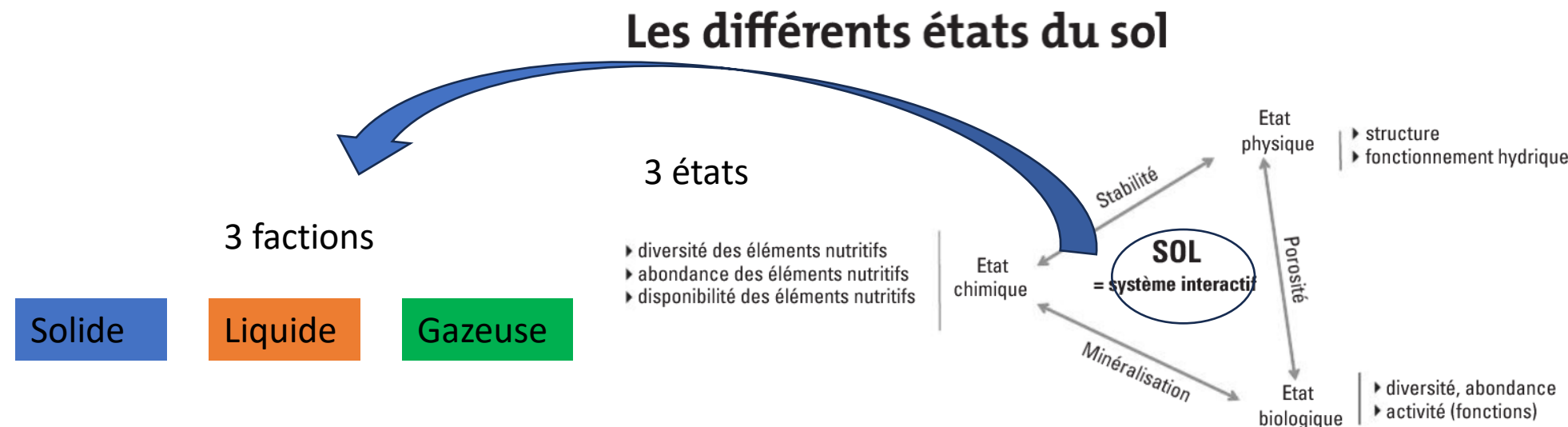
2) Une fraction liquide composée d'eau dans laquelle sont dissous des substances solides provenant de la roche mère, de la décomposition de la matière organique mais provenant aussi de l'homme par les différents apports d'engrais

*Un apport d'engrais, consiste à apporter des éléments nutritifs à la plante sans pour autant améliorer la structure du sol.

VII) Les 3 factions du sol

- Compte tenu des propriétés liées à la physique et aux variations de facteurs environnementaux, le sol peut se diviser en 3 factions différentes:

3) Une fraction gazeuse : composée des mêmes gaz de l'air avec en plus ceux provenant de la décomposition des matières organiques



a) La composition minérale du sol

- Les constituants minéraux, représentent plus de 80 % du poids de la terre humide et peuvent être classés :
 - 1) Soit d'après leur grosseur : c'est la granulométrie
 - 2) Soit d'après leur nature minéralogique et chimique

a) La composition minérale du sol

- Les constituants minéraux, représentent plus de 80 % du poids de la terre humide et peuvent être classés :
 - 1) Soit d'après leur grosseur : c'est la granulométrie
- Lors de l'analyse granulométrique , on distingue les éléments grossiers (pierres et graviers) de la terre fine (sables, limons et argile)

TABLEAU 1-4: LES CONSTITUANTS MINÉRAUX D'UN SOL					
Terre fine (en mm)					Refus (en mm)
Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Cailloux et graviers
< 0,002	0,002 à 0,02	0,02 à 0,05	0,05 à 0,2	0,2 à 2	> 2

a) La composition minérale du sol

- Les constituants minéraux, représentent plus de 80 % du poids de la terre humide et peuvent être classés :

2) Soit d'après leur nature minéralogique et chimique

2 types de minéraux seront à retenir:

- des minéraux inaltérés ou incomplètement altérés,
- des minéraux altérés,

a) La composition minérale du sol

2 types de minéraux seront à retenir:

-des minéraux inaltérés ou incomplètement altérés, qui ont la même composition que la roche mère comme les pierres, le gravier, les sables et les limons = éléments sableux.

- des minéraux altérés, provenant d'une modification chimique des minéraux de la roche mère. Ces particules minérales se présentent sous la forme d'une « colle » que l'on nomme l'argile. L'argile est un colloïde mélangé à d'autres minéraux (quartz, oxydes de fer...) que l'on appelle le complexe d'altération

a) La composition minérale du sol

- Les éléments sableux : pierres et graviers, sables, limons
Les éléments sableux peuvent être siliceux, silicatés ou calcaires.



a) La composition minérale du sol

- Les éléments siliceux :

Ce sont des grains de quartz (SiO_2) dégagés par la désagrégation des grès (roche composé de sable consolidé) et des roches cristallines (roche formée suite lors de magmatisme avec refroidissement lent) , on peut les retrouver en fractions grossières ou fines et ils ne peuvent donc pas être utilisés pour l'alimentation de la plante. Les sols siliceux sont donc de base pauvre mais leur fertilité augmente en fonction de l'activité biologique présente.

Grès



Roche cristalline



SiO_2 (Quartz)



a) La composition minérale du sol

- Les éléments silicatés :

Ces éléments peuvent se décomposer lentement. Ce sont des grains de mica, feldspath...et autres minéraux provenant de la désagrégation de roches volcaniques par exemple. Leur altération est lente et permet de libérer des éléments qui contribuent à l'alimentation minérale de la plante (K, P, Ca...).

Feldspath: groupe de minéraux le plus abondant de la croûte terrestre



Mica: $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F,OH})_2$
ou $\text{KMg}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F,OH})_2$



a) La composition minérale du sol

- les éléments calcaires, source du calcium du sol

Les éléments calcaires sont la source du calcium du sol. Ce terme calcaire désigne la fraction des éléments sableux constitués de carbonate de calcium. Le calcium Ca est présent dans presque tous les sols fixés sur l'argile et le carbonate de calcium CaCO_3 n'est pas présent à chaque fois dans les sols.

Comme vu précédemment, les différents groupes que sont les éléments grossiers, les sables et les limons constituant les éléments sableux ont des propriétés différentes :

- éléments grossiers : favorise le drainage, sol perméable, filtrant, léger (pas de mottes)
- les sables et limons : retient l'eau, on dit que le sol est « battant », On dit que le sol est « asphyxiant », si ce sol est imperméable.

La nature d'un sol dépend de la proportion de ces différents éléments.

a) La composition minérale du sol

- les éléments argileux :

Ce sont les colloïdes minéraux qui proviennent de l'altération de la roche mère (exemple l'argile) d'autre proviennent de la décomposition des matières organiques (exemple l'humus).

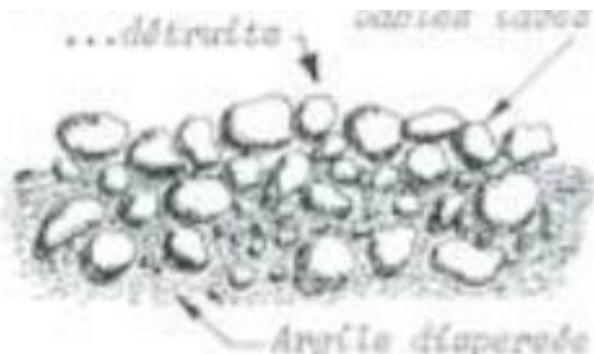
Il 2 états principaux de l'argile:

L'état dispersé et l'état floclé.

L'argile dispersé cherche à reformer avec l'eau un mélange homogène. C'est une structure instable, qui ne forme pas d'agrégat dans le sol, ce qui le rend au final compact et asphyxiant.

L'argile floclé n'est pas miscible avec l'eau. Elle va intervenir dans la formation d'agrégat, ce qui fournit une structuration au sol stable et résistante à la pluie. Ce type de sol est généralement aéré et meuble.

Sol avec argile dispersé



Sol avec argile floclé



a) La composition minérale du sol

- les éléments argileux :

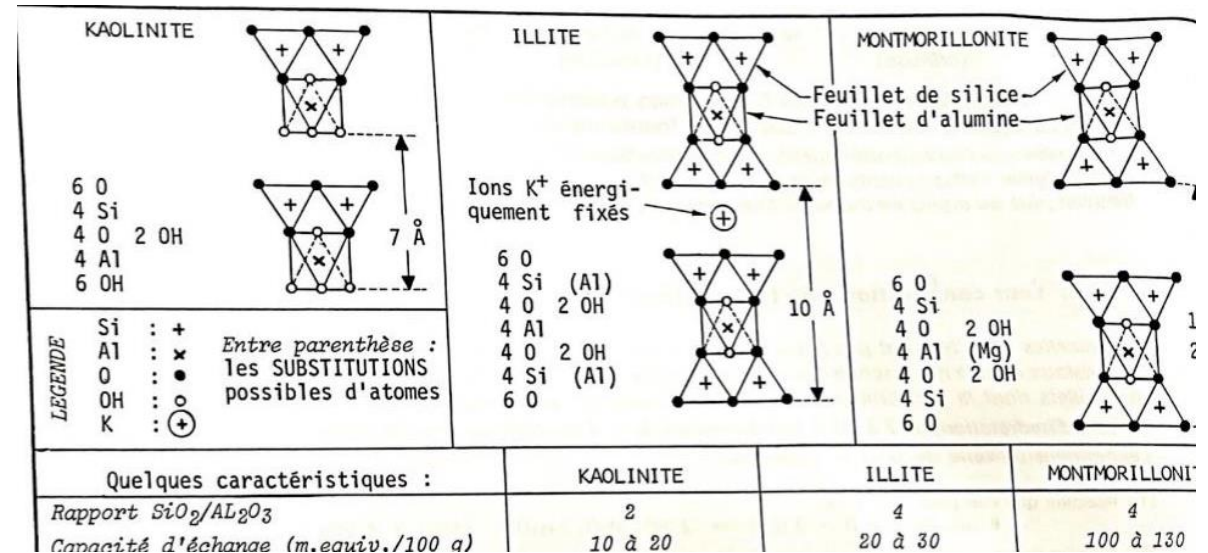
Les argiles sont constituées de cristaux fins composés de feuillets contenant de la silice (Si). On va distinguer 3 sous-groupes d'argile, qui se différencient par leurs quantités en atome de silice (Si) par rapport à la quantité d'alumine (Al₂O₃), la capacité d'échange (atome) avec d'autres atomes et la taille des molécules:

-Kaolinite: les liaisons entre les feuillets sont très fortes et empêchent toutes adsorptions d'ions. La zone de fixation ne peut se faire qu'à l'extérieur des feuillets.

-Illite: capacité d'échange plus importante parmi les argiles. Les feuillets sont assez espacés et sont faiblement liés permettant une plus grande surface de fixation des ions

-Montmorillonite: son pouvoir de fixation est plus important que la kaolinite mais les ions (K⁺) ne sont pas échangeables

Remarque: l'argile peut contenir des charges positives lorsqu'il est combiné avec des oxydes de fer ou d'alumine. L'argile est hydrophile c'est sa capacité à fixer de l'eau, la montmorillonite est plus apte à se gonfler que l'illite. Elle détient trois grandes propriétés : la plasticité, l'adhésivité, le gonflement et le retrait

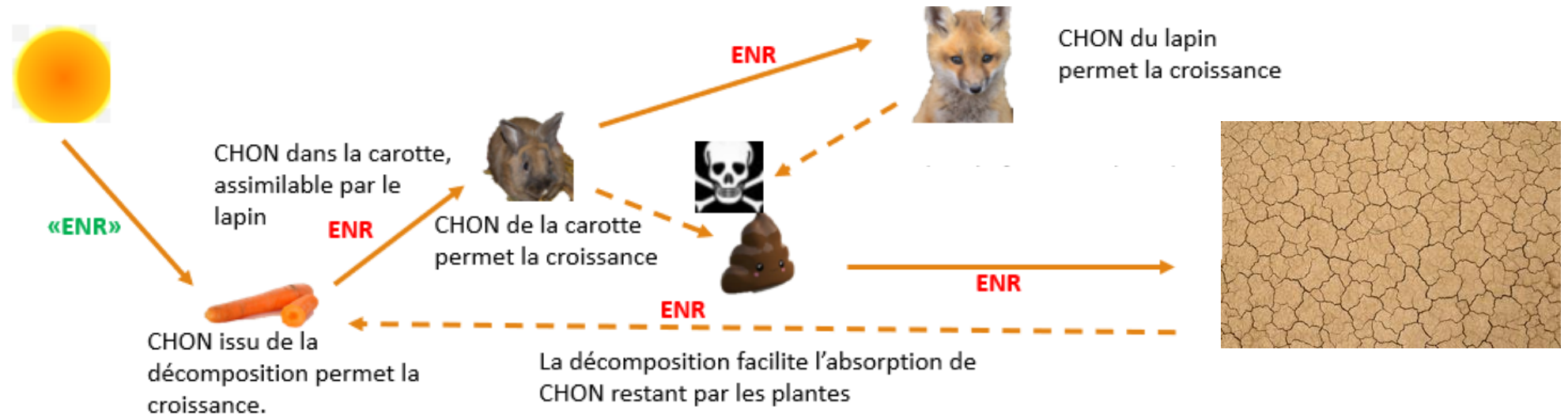


b) Composition organique du sol

- On peut citer 2 grandes étapes pour la dégradation de la matière organique dans le sol:

1) Décomposition

2) Humification



b) Composition organique du sol

- La décomposition

La première étape c'est la décomposition des matières organiques. Il s'agit des végétaux et animaux qui englobent la biomasse (ensemble de la matière organique pouvant se transformer en énergie) en activité.

Les débris végétaux et animaux constituent la matière organique fraîche. Une fois un certains stade de dégradation atteint, cette matière fraîche va se transformer en composés organiques stabilisés, appelé matières humiques.

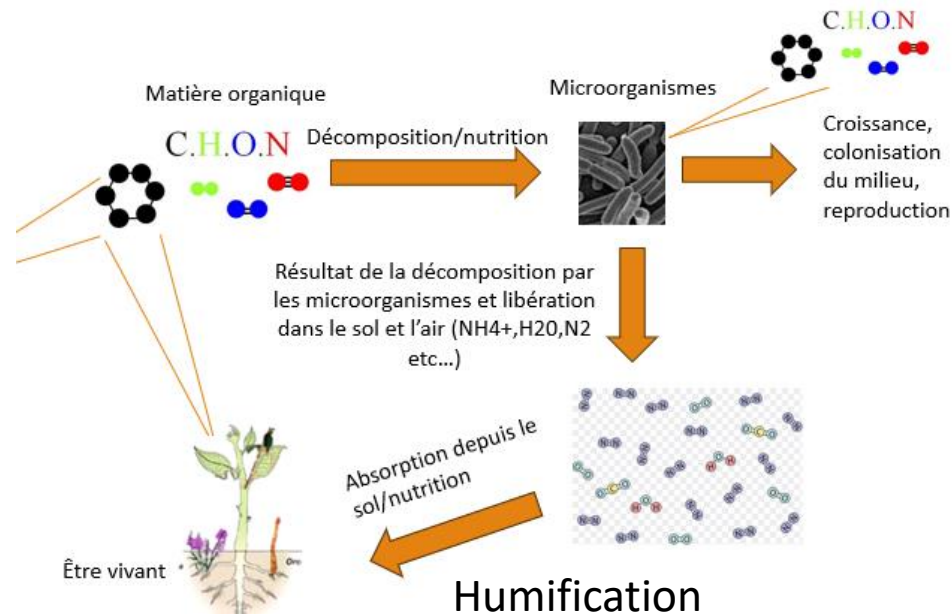
Type de MO	Fonctions
Matière organique vivante : végétaux et animaux vivants	Transformation/minéral
Matière organique fraîche : débris végétaux et animaux	Substrat énergétique et croissance/fertilité chimique
Matière organique transitoire : matières évoluées (cellulose réduite, lignine, protéines)	Substrat énergétique/fertilité physique (structure du sol)
Matière humique : lignine, cellulose, matières azotées microbiennes	Fertilité physique (stabilité à long terme)

b) Composition organique du sol

- L'humification et les agents humifiants

La deuxième étape c'est l'évolution des matières organiques dans le sol : L'humification

L'humification est l'ensemble de synthèses faisant suite à la décomposition des matières organiques végétales. Ce processus fait suite à la décomposition, simplification de molécules complexes, et est dû uniquement à une activité biologique.



b) Composition organique du sol

L'humification présentent 2 caractères nettement différents :

- Il y a construction de nouvelles molécules, de plus en plus grosses. Il y a production d'acides créniques proviennent de la dégradation microbienne de la cellulose et la lignine par les microorganismes (bactéries et champignons)

- d'autre processus liés à des agents physiques, des réactions chimiques en plus des activités biologiques viennent s'ajouter à la formation de l'humus.

On retiendra 3 voies liées à l'humification : insolubilisation, héritage, néo-synthèse microbienne

Selon la composition du sol en ions, l'humus peut-être stable. Le fer et le calcium par exemple permettent de créer des ponts entre l'humus et l'argile. Sur cendres volcaniques, l'alumine (Al_2O_3) sous forme de gels amorphes (allophanes) est un stabilisant puissant de l'humus .

b.1) Les agents de l'humification (microfaune)

- La biomasse dans le sol est formée par la microflore (bactéries et champignons) et la faune du sol; elle représente jusqu'à 5% de la matière organique du sol. On peut citer pour la microflore:
 - les Bactéries (Procaryote),
 - les Mycètes (Champignon),
 - les Protozoaires,

b.1.1) Les Bactéries

- Abondantes autour des racines de certaines plantes comme les graminées et les légumineuses. Beaucoup sont hétérotrophes: elles décomposent la matière organique qui leur fournit l'énergie nécessaire au métabolisme. D'autres sont autotrophes: elles oxydent ou réduisent certains composés minéraux selon le pH du milieu (Chimiotrophie). Les principales réactions sont les suivantes:
- nitrification: oxydation de NH_4 en NO_2
- dénitrification: réduction des nitrates en Azote gazeux (NO_3)- -----> N_2
- fixation d'Azote atmosphérique (azotobacter, rhizobium)
- réduction sulfates-sulfures
- oxydation sulfures-sulfates
- réduction fer ferrique-ferreux
- oxydation fer ferreux-ferrique

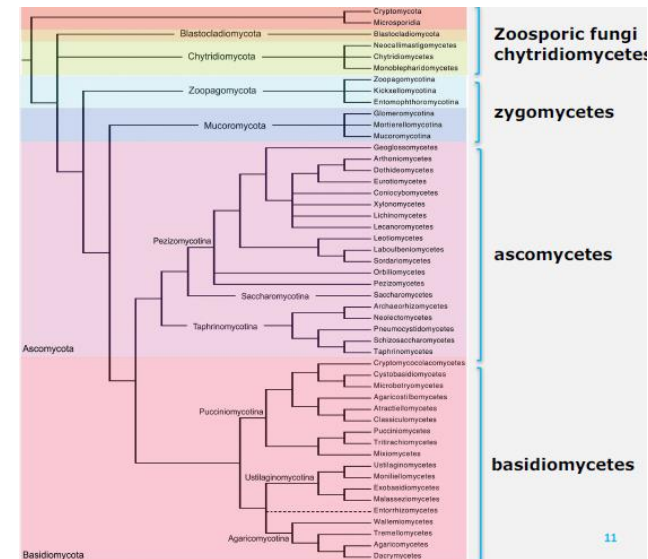
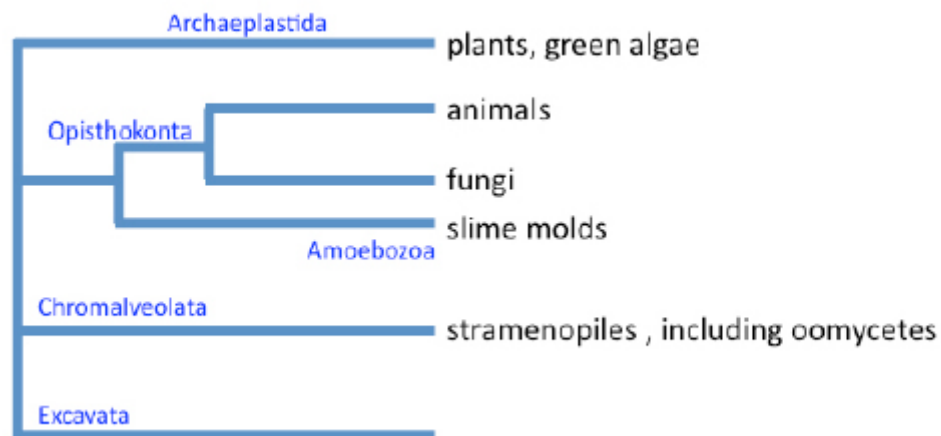
b.1.2) Les Mycètes ou Fungi

- Ce sont les « Champignons »

Ils sont toujours hétérotrophes et aérobies et appartiennent à de nombreux groupes (Ascomycètes, Basidiomycètes).

Ils agissent surtout dans les premières phases de la décomposition des litières. Certains sont associés aux racines des plantes supérieures en formant des mycorhizes.

Attention, les « Champignons » est un groupe paraphylétique! C'est-à-dire que des espèces du même groupe, peuvent être assez éloignées génétiquement.



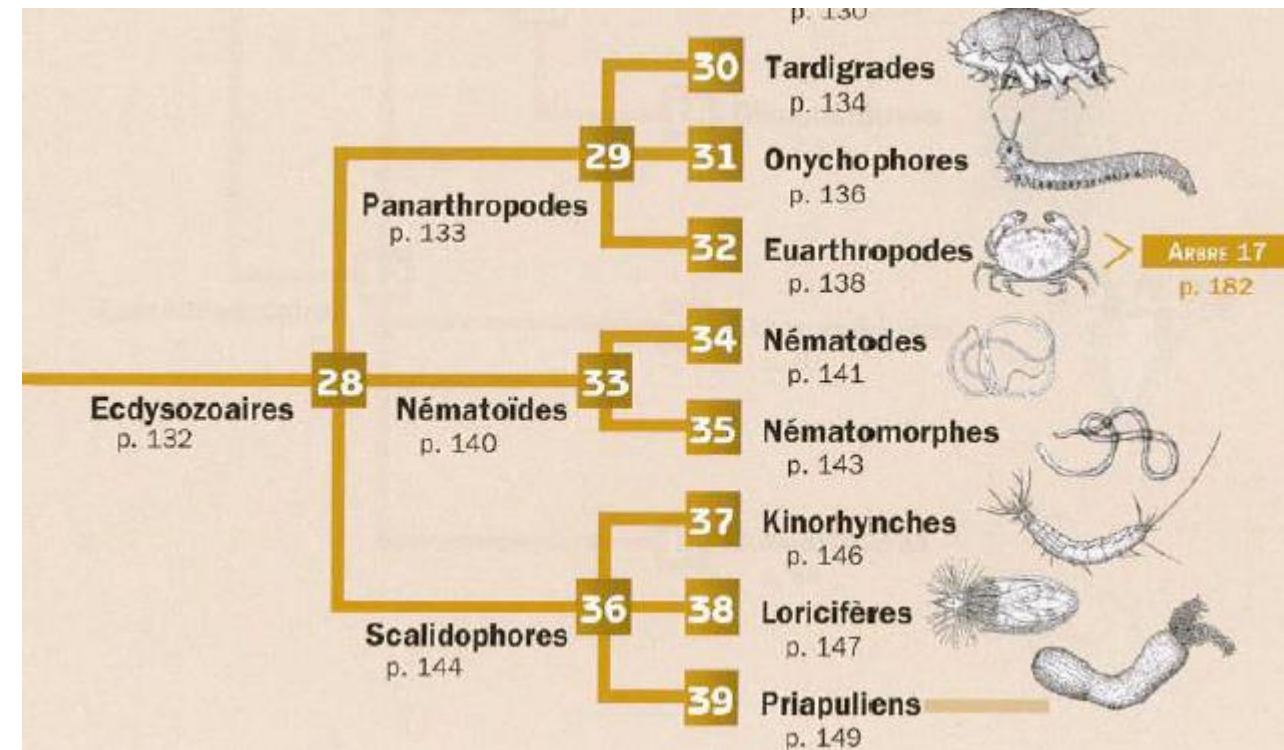
b.2) Les agents de l'humification (macrofaune)

- La biomasse dans le sol est formée par la microflore (bactéries et champignons) et la faune du sol; elle représente jusqu'à 5% de la matière organique du sol. On peut citer pour la faune:
 - Arthropodes inférieurs (Acariens, Tardigrades, Collemboles); taille < 1cm; produisent les pelotes fécales.
 - Lombrics: forment les agrégats argilo-humiques pendant le transit digestif et remontent les argiles et les ions de la profondeur.
 - Larves d'Insectes
 - Termites dans les régions tropicales (rôle voisin de celui des lombrics).

b.2.1) Les « Arthropodes » ou Panarthropodes

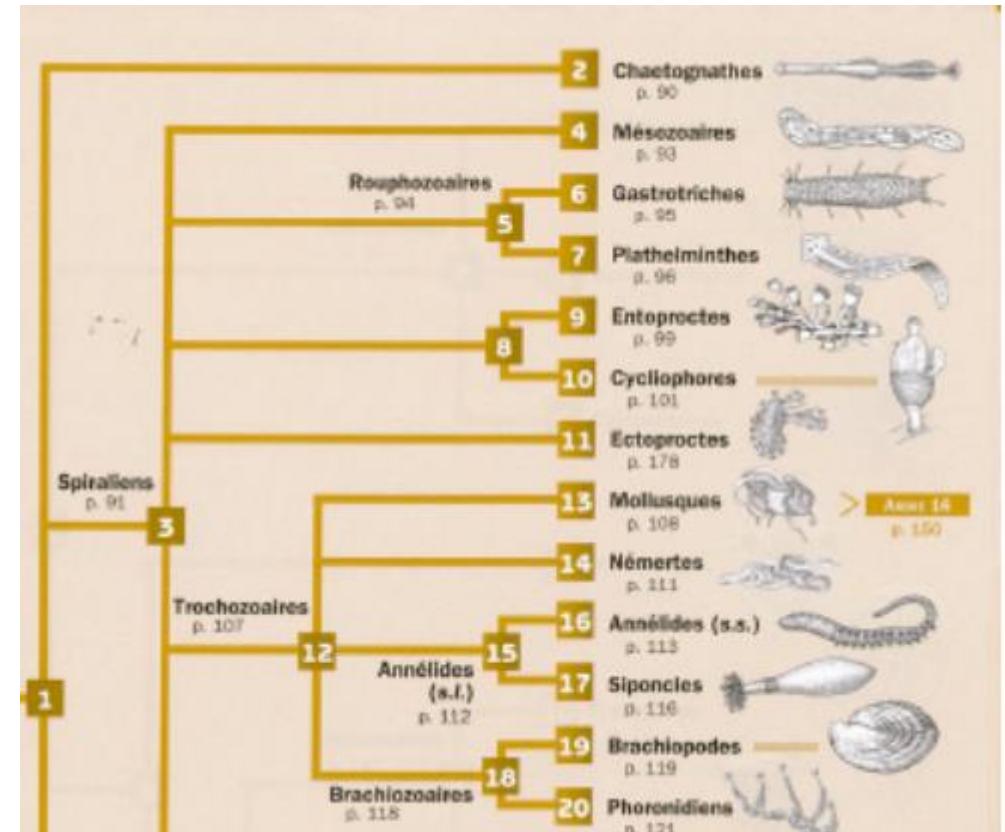
- Il s'agit du groupe qui regroupe le plus d'animaux (Métazoaires). Il contient notamment les insectes (Hexapodes). Les animaux du groupe des Panarthropodes possèdent généralement :

- une segmentation (métamère),
- des appendices pairs
- une pompe (cœur)
- de l'hémocoèle (équivalent du sang pour nous)
- un ganglion cérébroïde (cerveau) en au moins 2 parties



b.2.2) Les « lombrics » ou Annélides

- Il s'agit de vers de terre. Ils font partie de l'embranchement des Spiraliens. Il s'agit d'un groupe très hétérogène avec une grande disparité anatomique
- 3 grands types d'Annelides sont observés:
 - Achètes, oligochètes et polychètes



b.3) Catégorisation selon la taille de la faune dans le sol

Catégorie de faune	Espèces	Abondance
Microfaune (longueur < 0,2 mm)	Protozoaires (amibes, flagellés, ciliés) Petits nématodes	10 milliards à cent mille milliards d'individus par m ² de sol !
Mésafaune (0,2 mm ≤ longueur < 4 mm)	Nématodes Acaréens Collemboles Micro-arthropodes	En masse : 1 à 40 g/m ² de sol
Macrofaune (4 mm ≤ longueur < 8 cm)	Annélides ou vers de terre (enchytrées et lombrics) Escargots, limaces Crustacés (cloportes et autres, proches des crevettes) Myriapodes ou mille-pattes (iules et scolopendres) Araignées Insectes (termites, fourmis, diptères...)	100 à 1 000 vers de terre par m ² de sol type andosol 200 à 400 coléoptères par m ² de sol 100 à 300 fourmis par m ² de sol 500 diplodopodes par m ² de sol 40 chilopodes par m ² de sol
Mégafaune (longueur ≥ 8 cm)	Mammifères fouisseurs (taupes, campagnols, tangués...) Amphibiens (crapauds, reptiles...)	Variable

c) Régulation des flux de gaz et d'eau

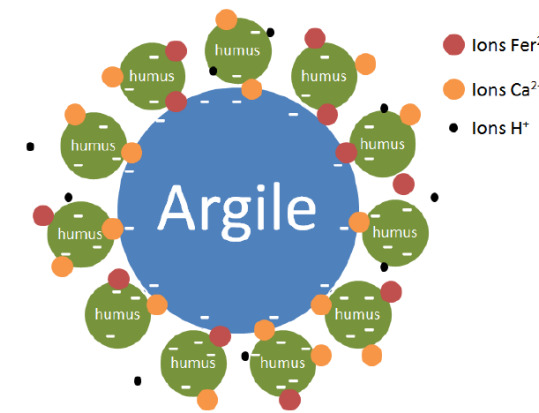
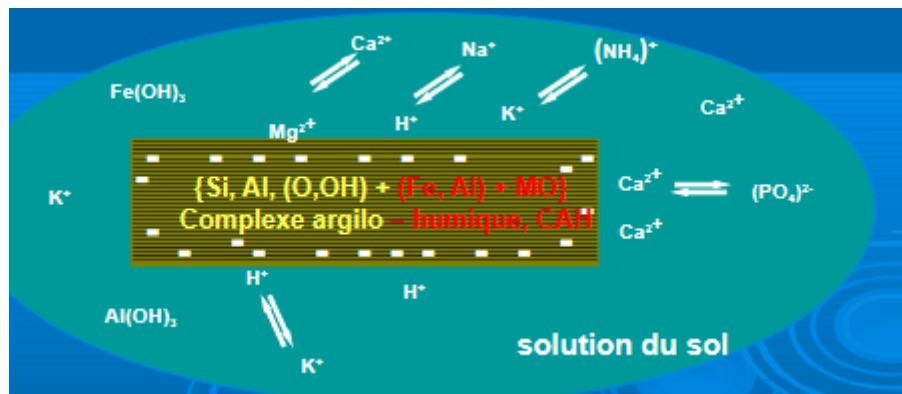
- Le sol participe à la régulation des cycles naturels de l'eau, de l'air, des substances minérales et organiques. C'est un maillon indispensable dans le flux continu de l'énergie et de la matière dans l'écosystème
- Le sol est à la fois une source d'émission de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O) et un lieu majeur de stockage du carbone. Ces caractéristiques varient en fonction de l'environnement : forêts, zones humides, zones cultivées... Provenant du CO₂ atmosphérique, le carbone est fixé essentiellement dans les plantes, qui le restituent par la suite au sol sous forme de matière organique (molécules organiques complexes et plus ou moins stables dans le temps).
- La matière organique du sol intervient dans la régulation de l'eau et des cations, comme les argiles (rôle de réservoir).
- Les caractéristiques hydriques du sol (perméabilité, rétention de l'eau) sont déterminantes dans la régulation des flux d'eau. Lors de fortes pluies sur des sols nus et dégradés (dont la perméabilité est mauvaise), le ruissellement est élevé, et des inondations, des coulées de boue ou des glissements de terrain peuvent se produire.

IX) Classification des humus

- On peut classer les humus suivant leurs aspects, le degré d'évolution (peu évolué pour l'humus provenant de la « voie de l'héritage » et évolué pour les MO qui suivent la « voie de l'insolubilisation » et celle de la « néosynthèse microbienne »). Le rapport C/N permet aussi de classer l'humus :
 - C/N de l'ordre de 10 à 15 pour les humus de type mull,
 - C/N de l'ordre de 15 à 25 pour les humus du type moder,
 - C/N supérieur à 25 pour les humus du type mor.
- Le mull a une activité biologique plus intense que les 2 autres, il est ainsi plus évolué. Donc plus il y aura d'azote disponible dans le milieu par rapport au carbone, plus l'activité biologique en sera stimulé!
- Pourquoi ? Parce que c'est l'ingrédient pour la synthèse de protéine, qui sont à la fois des constituant cellulaires et des catalyseurs de réaction chimique.

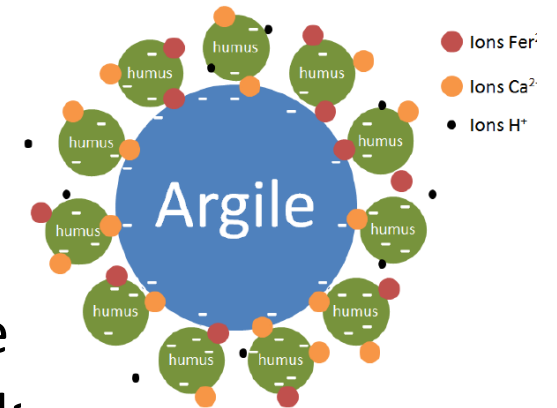
a) Complexe argilo-humique

- L'humus « protège » l'argile de la dispersion par l'eau et stabilise la structure du sol. En contrepartie, l'argile protège l'humus contre l'attaque microbienne. Les micelles (molécule avec une partie hydrophobe à l'intérieur et une partie hydrophile à l'extérieur) d'humus, électro-négatives comme celles de l'argile, ne peuvent se fixer directement sur elles. La fixation devient possible grâce à trois procédés (intervention des ions Ca^{2+} , intervention des ions Fe^{3+} et d'autres charges +)



a) Complexe argilo-humique (CAH)

- Le CAH par son pouvoir absorbant,
 - met en réserve les éléments nutritifs qui seraient perdus par lessivage, en les échangeant principalement par les ions Ca^{2+} , faciles à déplacer,
 - libère ces éléments pour les racines,
 - régularise la composition du sol.
- Les sols permettant la création de CAH doivent disposer :
 - 1) d'une argile de bonne qualité,
 - 2) de matières organiques fraîches à dégradation lente et rapide
 - 3) d'ions positifs au pouvoir flocculant ($\text{Ca}^{2+} > \text{H}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$),
 - 4) d'être vivants (pédofaune, plantes symbiotiques) pour mélanger le tout
 - 5) d'un système permettant que l'eau soit présente sans l'être en excès (asphyxie).



a) Complexe argilo-humique (CAH)

- Ces sols avec la capacité de produire des CAH n'existent plus en agriculture ou jardinage quand les pratiques « classiques » de culture les ont dégradés. Généralement il manque toujours quelque chose ou tout. La meilleure voie consiste à influencer la reconstruction naturelle du complexe. On peut jouer sur les pratiques suivantes :
 - installation de couverts végétaux, (apports d'azote + mobilisation des ions positifs en profondeur, développement bactérien et fongique = production de glomaline*)
 - apport de BRF (multiplication des vers de terre = remonté d'argiles en surface + apport de carbone = multiplication des mycorrhizes)
 - association judicieuse de plantes complémentaires cultivées (biodiversité + rotations = exploration plus large du sol par les racines)
 - la couverture permanente du sol (amélioration de la réserve hydrique + prolifération des micro-organismes de surface)
 - la protection des habitats (limitation des pratiques culturales traumatisantes pour le sol = arrêt du labour + réduction ou élimination des pesticides)
- Dans tous les cas, il apparaît que le rôle de l'activité biologique est majeur.

a) Complexe argilo-humique (CAH)

- Pour construire des CAH dans un sol, il faudrait procéder ainsi, dans l'ordre :
 - 1 préserver les habitats,
 - 2 restituer des résidus organiques frais ("engrais verts")
 - 3 éliminer les excès d'eau (drainage naturel du sol grâce aux racines et la présence de glomaline*),
 - 4 Favoriser la vie du sol et notamment les vers de terre (Digestion de la matière organique + remonté des argiles)

*La glomaline est une glycoprotéine produite en abondance sur les hyphes et les spores des champignons mycorhiziens dans le sol et dans les racines. Plusieurs études montrent que la glomaline influence la structure du sol. Elle imprègne ce dernier, stabilisant les agrégats de particules fines à la manière d'une colle. Ceci jouerait un rôle fondamental dans la fertilité des sols.

b) La capacité d'échange cationique (CEC)

- La capacité de stockage d'un sol en éléments nutritifs dépend des caractéristiques du complexe argilo-humique, c'est-à-dire des teneurs et des types d'argile et de matière organique. Cette capacité de stockage en éléments nutritifs est une composante importante de la fertilité du sol.
- La mesure de la capacité d'échange cationique (CEC) permet d'évaluer cette aptitude du complexe argilo-humique à constituer un réservoir en éléments nutritifs. Ces éléments sont sous la forme de bases échangeables, les cations. La valeur de la saturation en bases de la CEC donne le niveau de remplissage de ce réservoir (cette valeur est appelée taux de saturation du complexe argilo-humique).

b) La capacité d'échange cationique (CEC)

- Dans une analyse standard de sol, sont mesurés les bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) et le taux de saturation en bases de la CEC. Ces informations sont utilisées pour diagnostiquer l'état de fertilité du sol et pour définir les moyens de remédier à une éventuelle déficience.
- L'analyse de sol est un outil de conseil très efficace, nécessaire pour mettre au point la fertilisation : c'est pourquoi il est utile d'effectuer régulièrement des analyses de sol (tous les 4 à 7 ans).
- Plus la CEC est élevée, plus le sol peut absorber et désorber des cations qui sont mis à disposition des racines.

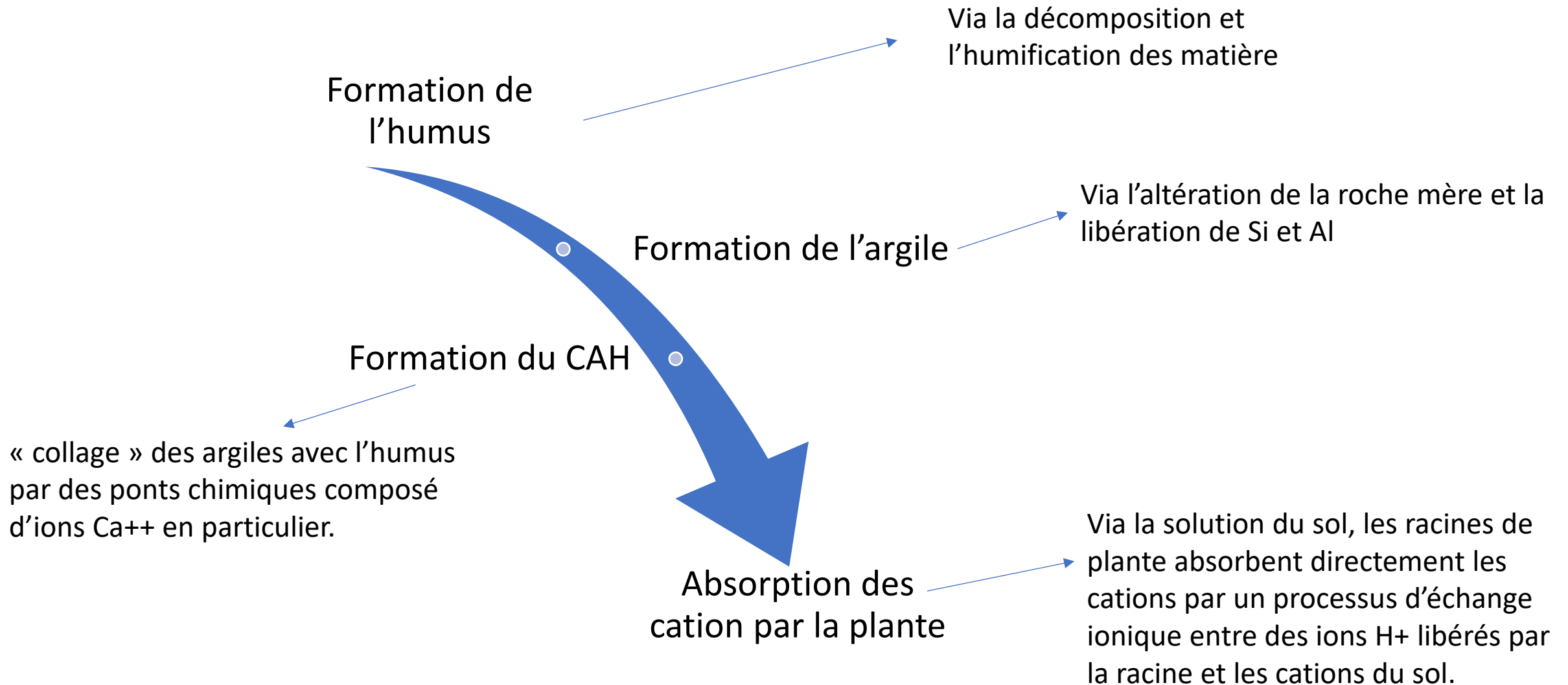
b) La capacité d'échange cationique (CEC)

- La CEC des sols réunionnais est constamment trop faible et figure à des niveaux de saturation trop faibles.
- Etant donné les quantités suffisantes de MO et la bonne activité microbienne des échantillons de ces sols, cette faible capacité peut être expliquée par la tendance des sols à être faiblement pourvue en argile. L'argile constituant une part physique du complexe adsorbant (CAH) est en mesure de stocker les cations du sol. De plus ces contraintes (notamment la saturation globale) peuvent être amplifiées aux champs par un pH trop acide qui empêche la fixation des cations sur la CAH, c'est le cas les ions fer.

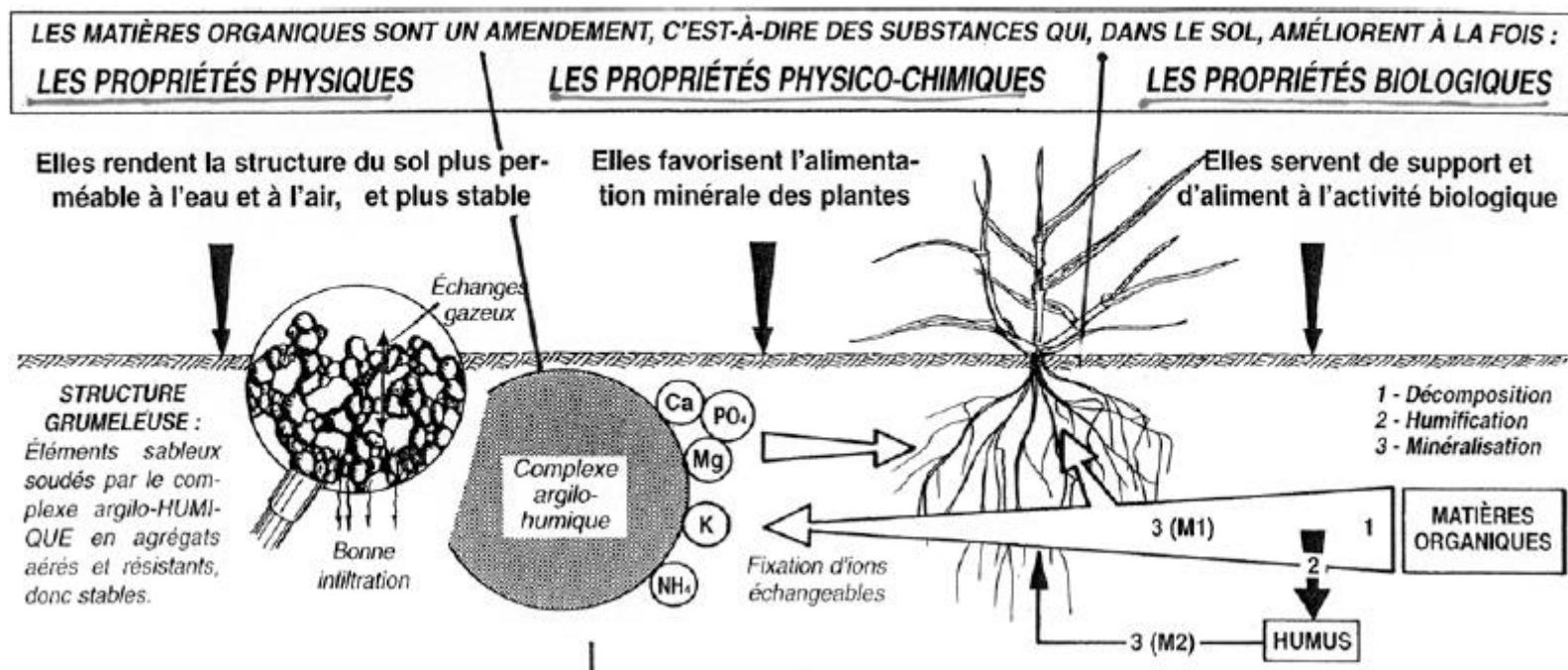
b) La capacité d'échange cationique (CEC)

- On constate des valeurs de saturations égales ou supérieures au seuil minimum idéal pour le magnésium, dans les sol locaux, et en les résultats sont sous le seuil idéal pour le potassium et le calcium.
- Le "défaut" de potassium s'explique par le fait qu'il s'agit d'un élément très mobile dans le sol, généralement surconsommé par la canne à sucre, ce qui rend la gestion délicate des stocks de cet élément.
- La saturation faible à modérée en calcium est quant à elle certainement liée au pH très acide : la solution du sol très riche en ions hydrogènes H^+ vient saturer les bases de la CEC engendrant une lixiviation du Ca^{2+} (évacuation du calcium de des zones d'absorption des racines et des CAH par mouvement d'eau).

CAH (résumé)



Le sol (résumé)



Quelque notions à retenir

1 - En SOLS SABLEUX :

- Elles «**granulent**» les éléments trop divisés, en agrégats stables **résistant mieux à la battance et à l'érosion**.
- Elles **augmentent la capacité de rétention** en eau du sol, qui devient moins filtrant.

2 - En SOLS ARGILEUX :

- Elles **divisent** la masse trop compacte du sol et la «granulent» en agrégats stables, résistant mieux à la reprise en masse.
- Elles **assurent la formation du complexe argilo-humique**, dans lequel :
 - *l'humus protège l'argile* contre la dispersion par l'eau, évitant glaçage et prise en masse ;
 - *l'humus, moins collant* que l'argile, diminue la résistance du sol aux instruments de culture.

1 - La MINÉRALISATION des matières organiques jeunes (M1) et de l'humus stable (M2) est une source continue d'éléments minéraux assimilables par la plante.

2 - L'HUMUS étant un colloïde augmente le pouvoir absorbant du sol : la fixation des ions échangeables apportés par les fertilisants est améliorée.

3 - Le CO₂ issu des décompositions organiques, et les acides humiques, attaquent les sels minéraux insolubles, notamment les phosphates, les rendant assimilables : l'alimentation des plantes est améliorée.

1 - **Les matières organiques sont l'aliment** des vers de terre et des arthropodes (insectes, acariens...), dont le rôle sur la formation des agrégats stables et sur l'aération du sol est essentiel.

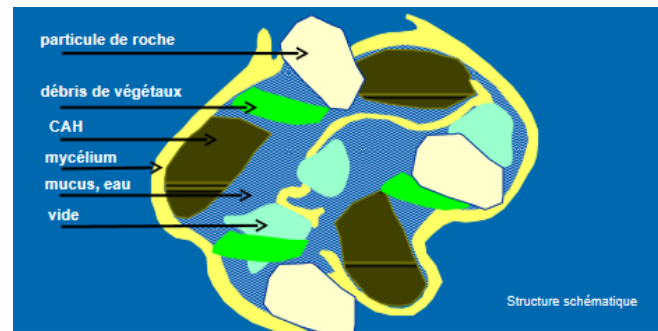
2 - **Les matières organiques jeunes** apportent les **SUCRES** et les **MATIÈRES AZOTÉES** nécessaires aux micro-organismes.

3 - **Améliorant la structure et l'aération** du sol, les matières organiques favorisent les bactéries aérobies, indispensables à la minéralisation et aux échanges dans la rhizosphère.

4 - **L'humus contient des activateurs** de croissance qui stimulent l'alimentation minérale des plantes.

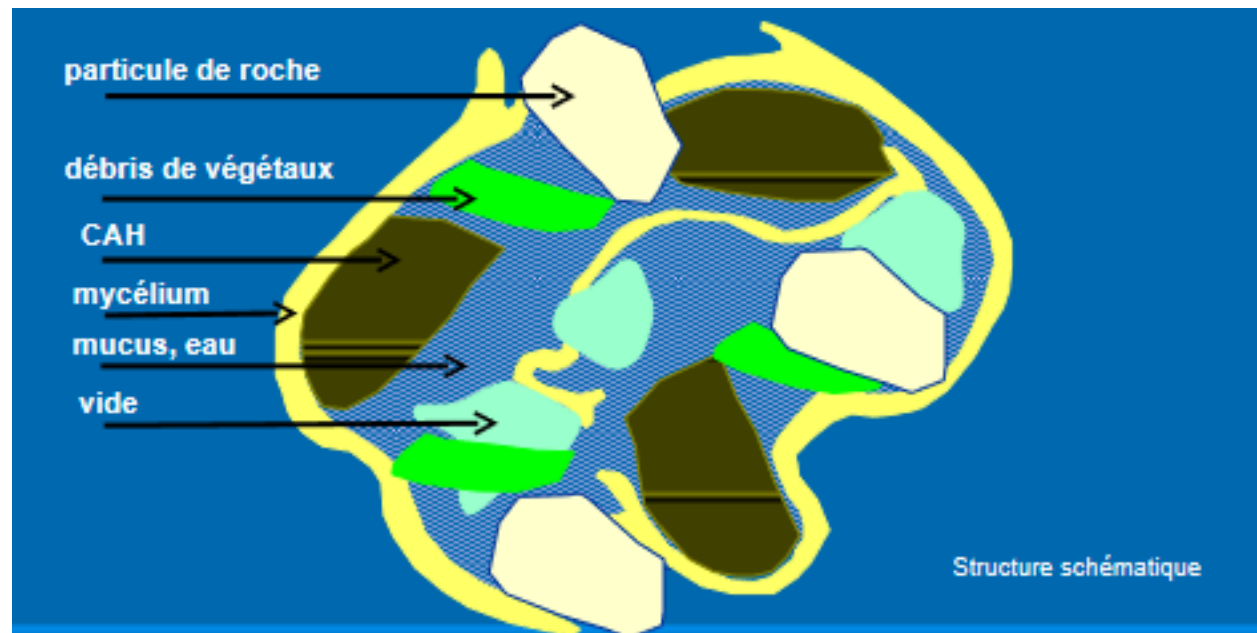
X) Structure d'un sol

- Structure = étude du mode d'agencement des différentes fractions du sol.
- Signification des structures en agrégats
- Les agrégats arrondis sont favorisés par les activités biologiques, par les matières organiques et par la présence, à la surface des particules argileuses et organiques (complexe adsorbant), de cations bivalents (Ca^{++} , Mg^{++}) ou trivalents (Al^{+++}) qui facilitent l'attraction des particules entre elles.



a) Formation de l'agrégat

- Avec les débris végétaux (matière fraîche), les particules de roches, l'eau, le CAH va former un agrégat. C'est un amas, constitué de différents types de matières, organique et inorganique. Le type d'agrégat va impacter la structure du sol.



b) Les types d'agrégats

- Les agrégats anguleux sont favorisés par la présence de minéraux argileux en quantités significatives, par l'absence d'activités biologiques, par de faibles teneurs en matières organiques. Les agrégats anguleux sont plus compacts, moins friables, moins stables que les agrégats arrondis : de ce fait, les horizons contenant une majorité d'agrégats anguleux sont moins accueillants pour le développement de la vie (en particulier des racines) que les horizons où dominant les agrégats arrondis.

b) Les types d'agrégats

- Les agrégats feuilletés constituent souvent un obstacle horizontal à la pénétration verticale des racines et de l'eau. On les trouve dans de vieux horizons d'accumulation de calcaire ou de silice. Mais ils ont aussi fréquemment pour origine un travail agricole inadapté, réalisé dans de mauvaises conditions d'humidité : il y a tassement des sols et développement, en surface et à faible profondeur, de structures feuilletées qui vont faciliter le ruissellement des eaux de pluies... et l'érosion. Parmi les agrégats feuilletés, il faut citer ceux qui sont en plaquettes obliques : ce sont les structures dites verticales, qui caractérisent des horizons riches en argiles gonflantes (smectites, parmi lesquelles la montmorillonite).

c) Absence d'agrégat

- Certains horizons très sableux n'ont pas d'agrégats : on dit que leur structure est continue
- On distingue la porosité texturale, liée à l'organisation des composants élémentaires du sol (argile, limons, sables) de la porosité structurale, plus grossière, qui découle de la structure
- et varie au cours du temps avec elle. Cette porosité structurale joue un rôle essentiel sur le transfert de fluides au sein du sol et la croissance des racines.

XI) Fonctions biologique du sol

- Réservoir de biodiversité
- Le sol est un milieu structuré. Il offre une diversité d'abris de toutes tailles pour une multitude d'organismes vivants : micro-organismes, animaux, végétaux. C'est un immense réservoir de la biodiversité microbienne et faunistique. Certains microorganismes sont indispensables à l'assimilation (cycle de l'azote par exemple) et au fonctionnement de l'écosystème naturel (formation du sol à partir de la roche-mère, chaînes trophiques, nutrition des plantes...). D'autres sont pathogènes pour les cultures, ou peuvent le devenir à la suite de modifications de l'usage des sols (cas de champignons pathogènes appelés « pourridiés » des cultures et des vergers).
- Méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) pour le comptage de la macrofaune

XII) Rôle de fertilité du sol

- La fertilité d'un sol est son aptitude à produire. Seulement elle dépend du climat, de la culture, des techniques utilisées

On sépare 2 facteurs :

- Facteurs fonciers, ceux que la nature impose à l'agriculteur (climat et sol)
- Facteurs techniques, ceux que l'agriculteur peut modifier facilement

XII) Rôle de fertilité du sol

- La fertilisation ou amélioration de la fertilité d'un sol ne doit pas être limitée à l'apport de nutriments à la plante mais aussi comme une aide au bon fonctionnement des cycles biogéochimiques. Pour se faire, un ordre de priorité est à mettre en place :
 - s'opposer à l'entraînement du sol par érosion
 - régulariser l'humidité du sol
 - enrichir le sol en certains éléments minéraux et organiques
- Pour poser le raisonnement de la fertilisation, il faut connaître :
 - la qualité du sol que ce soit physique, chimique et biologique par un bilan analytique du sol (analyse de sol).
 - Bilan cultural (bilan F-E) : différence entre les fumures et les exportations, pour un élément et une période donnée.
 - Contrôle de l'état nutritionnel de la plante (diagnostic foliaire par exemple)

XII) Rôle de fertilité du sol

- Pour **les prairies**, des analyses de sol peuvent être effectuées avant une implantation et à chaque renouvellement de prairie. Par la suite, le conseil de fertilisation d'entretien de la prairie est couplé à l'analyse de l'herbe.
- En **arboriculture**, un prélèvement de sol doit être fait avant la plantation pour optimiser la fertilisation et les corrections lors de la plantation des jeunes arbres. L'horizon inférieur, de 30 à 100 cm de profondeur, peut être également prélevé pour vérifier la fertilité de cet horizon. Le suivi de la fertilité du sol d'une plantation pérenne peut se faire sur un rythme de 5 à 10 ans.
- Pour le **maraîchage intensif**, il est recommandé de suivre le sol sur des pas de temps courts de 2 à 5 ans, car les apports d'intrants étant importants, les évolutions du sol sont rapides. Notamment, les sur-fertilisations font apparaître des déséquilibres dans le sol pouvant créer des problèmes de croissance des cultures et éventuellement des pollutions du milieu.
- **La période favorable pour faire des analyses de sol** : Pour une parcelle de canne à sucre, la meilleure période se situe après la coupe : le sol est au repos pendant la saison sèche. Toutefois, toutes les périodes de l'année peuvent convenir, hormis après un épandage d'engrais, d'amendement ou autre produit organique et minéral qui fausserait l'analyse. Pour les autres cultures, on conseille également de prélever le sol quand il est au repos, pendant la saison sèche et si possible avant l'implantation de la culture.
- Autre analyse possible : l'analyse foliaire qui permet de mesurer la quantité de nutriments que prélève la plante.

XIII) Humidité dans le sol

- Presque tous les sols subissent une humidité irrégulière, la saison des pluies et la saison de végétation ne coïncide pas, sur une période de l'année le sol recevra plus de pluie qu'une autre partie de l'année
- Il existe deux possibilités :
- **La première :**

L'excès d'eau pendant la période cyclonique, il faudra essayer de récupérer au maximum l'excédent d'eau en créant des stations de récupération de pluie (pour le plein champs) ou mettre en place un système de drainage sans faire forcément appel à de l'enfouissement de tuyaux. Pour cela des expériences peuvent être faites pour voir les modifications de l'écoulement de l'eau sur sa parcelle (paillage, plantation...).

L'excès d'eau nuit aux :

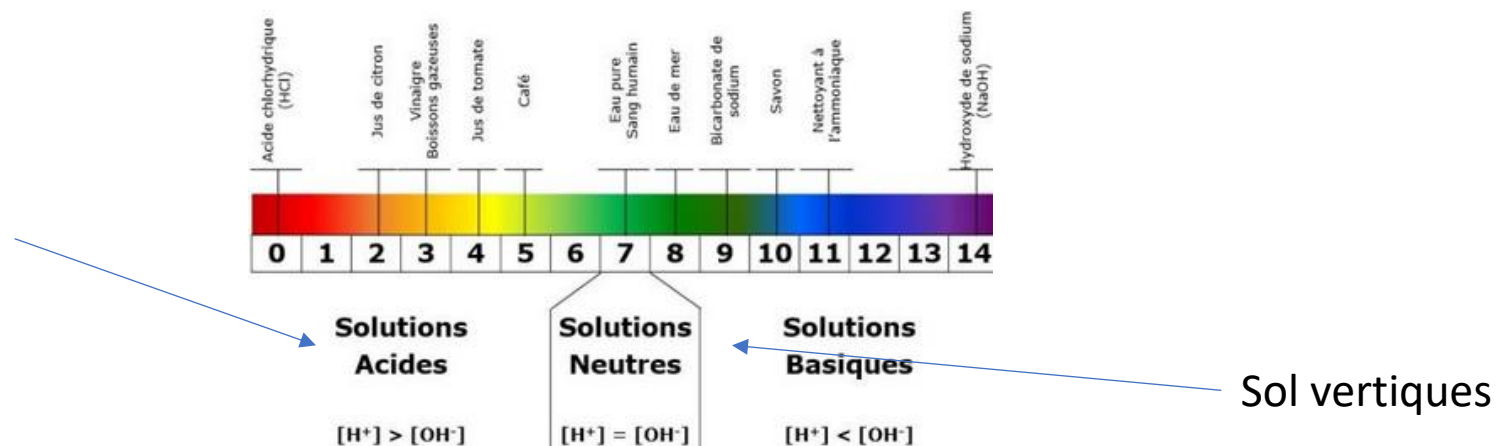
-Propriétés chimiques : il accélère la décalcification et l'acidification, il rend le sol "réducteur" (perd des électrons)

-Propriétés biologiques : il ralentit la décomposition de la matière organique et limite le développement et la nutrition des racines et peut provoquer une asphyxie. Il favorise une prolifération d'une flore et faune défavorables aux cultures (bioagresseurs et maladies)

XIV) Le pH

- Le pH est une mesure de la concentration en ions H^+ et OH^- dans la solution du sol. Un pH 7 est un pH neutre qui correspond à la concentration en ions H^+ présente dans l'eau pure. En dessous de 7, le sol est acide et au-dessus de 7 le sol est alcalin ou basique. Le pH nous renseigne sur les éléments nutritifs et les risques de toxicité. Certains facteurs ont tendance à acidifier les sols : pluies acides, décomposition de la matière organique, apport de certains engrais comme l'ammonitrate ($NH_4^+ NO_3^-$).

Sol andiques et ferralitiques

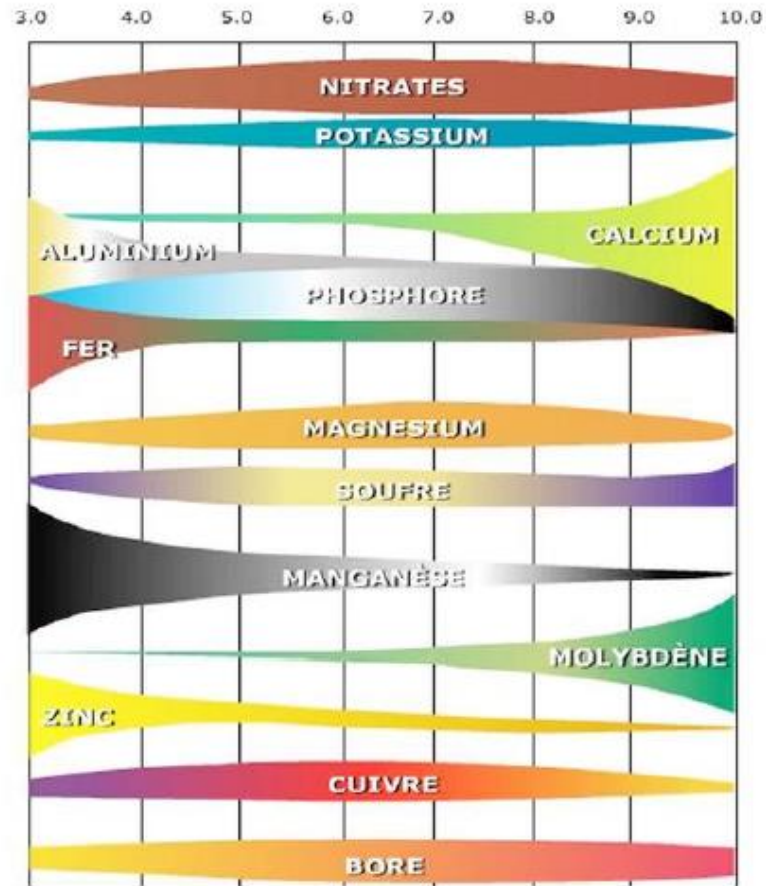


XIV) Le pH

- L'assimilation des éléments nutritifs par les plantes est meilleure pour des pH voisins de la neutralité. Par exemple, dans les sols basiques, le phosphore s'associe au calcaire alors que dans les sols acides, il s'associe au fer en devenant insoluble. Dans les deux cas, il est indisponible pour les végétaux. En revanche à pH neutre il est soluble donc assimilable.
- le pH est important dans l'assimilation des éléments nutritifs dans les différentes parties de la plante, car à un certain pH certains éléments ne seront plus assimilés par la plante et les carences se créeront (cette partie sera détaillée dans la partie fertilisation)
- exemple : en hydroponie toutes les plantes sont cultivées avec un pH légèrement acide quel que soit le pH qu'elles préfèrent en terre
- Les raisons, sont qu'avec un pH à 7 ou supérieur le fer pourrait faire des dépôts, en production hors sol, on conseille généralement un pH au alentour de 5,8 à 6,5 en fonction de la culture.

XIV) Le pH

Conditions d'absorption selon le pH pour la plante des éléments nutritifs.
Pour rappel le pH idéal du sol est 6,5 pour les cultures standards



XV) Rhizosphère

- La rhizosphère est la zone du sol qui est située sous les racines des plantes. De 10 % à 40 %, des composés photosynthétiques fabriqués par la plante sont libérés dans la rhizosphère (acides organiques, sucres, etc.). À titre d'information, les racines de céréales sécrètent beaucoup de sucres qui favorisent la croissance des bactéries. D'autres substances comme des acides aminés, des acides organiques, des enzymes, des phénols, des stéroïdes et des vitamines sont aussi excrétées. L'ensemble de ces exsudats racinaires, correspond entre 5 à 30 % des produits de la photosynthèse, soit entre 1 et 3 tonnes de C/ha/an. Ces substances peuvent avoir comme rôle d'empêcher la germination des certaines plantes (Seigle, noyer etc ...) que l'on nomme effets allopathiques.

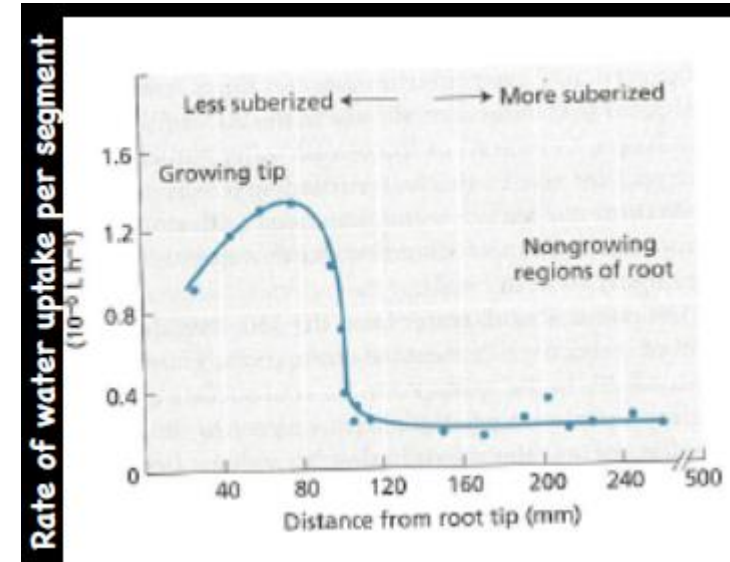
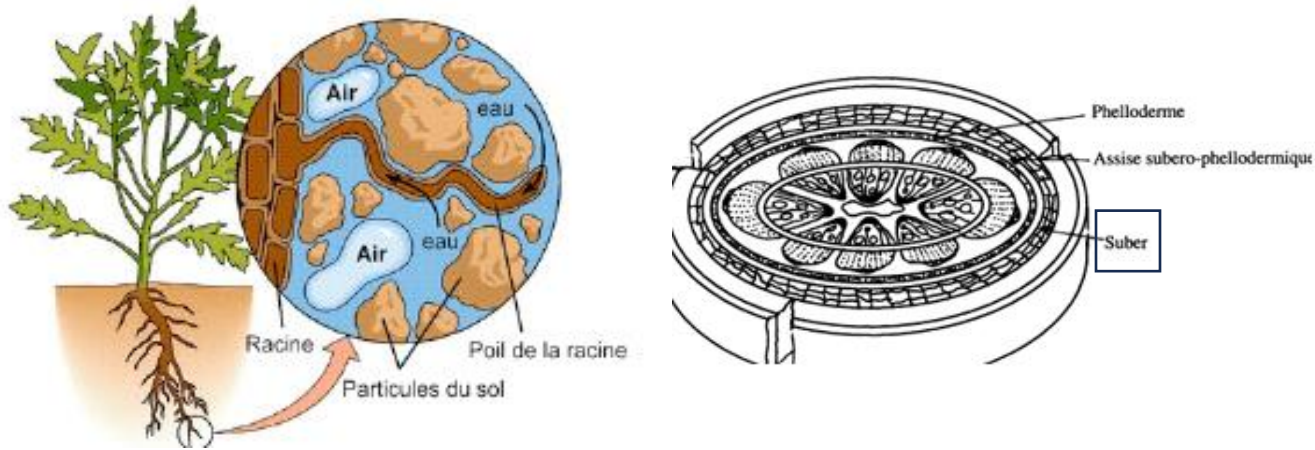
XV) Rhizosphère

- L'ensemble de ces exsudats racinaires, correspond entre 5 à 30 % des produits de la photosynthèse, soit entre 1 et 3 tonnes de C/ha/an. Ces substances peuvent avoir comme rôle d'empêcher la germination des certaines plantes (Seigle, noyer etc ...) que l'on nomme effets allopathiques.
- Dans quelle type d'interaction biotique rentre l'allélopathie selon vous.

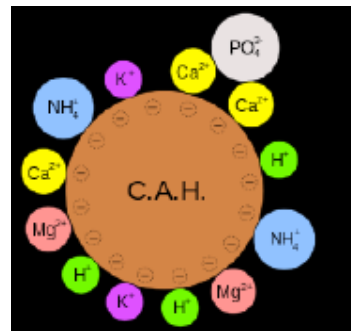
XVI) Le problème des nitrates

- Puisque le complexe argilo-humique a une charge négative nette (et une faible charge positive), les cations peuvent être retenues dans le sol et sont moins facilement lessivées par les eaux de percolation. La faible charge positive dans le sol fait que les anions sont plus mobiles. Prenons l'exemple des nitrates (NO_3^-) : ce sont des anions qui provoquent des maladies graves à des teneurs relativement faibles (la limite pour l'eau potable est de 50 mg/L). Ce sont aussi des anions qui présentent un intérêt majeur pour la croissance végétale et les agriculteurs en ajoutent au sol sous forme d'engrais afin de maximiser les rendements. Enfin, ils sont présents en grande quantité dans les déjections animales (fumier, lisier...). Il s'agit donc d'un anion qui est apporté au sol en grandes quantités, qui est très mobile, et toxique pour les humains – une mauvaise combinaison ! C'est l'une des causes de pollution des nappes phréatiques dans plusieurs régions du monde.

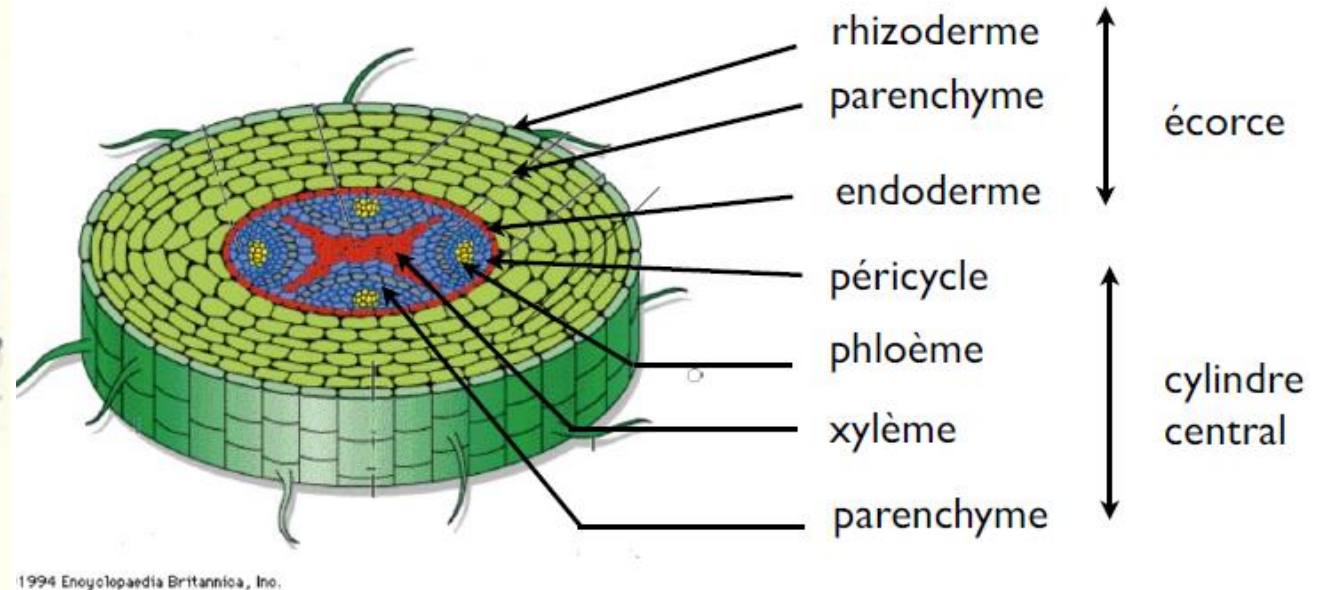
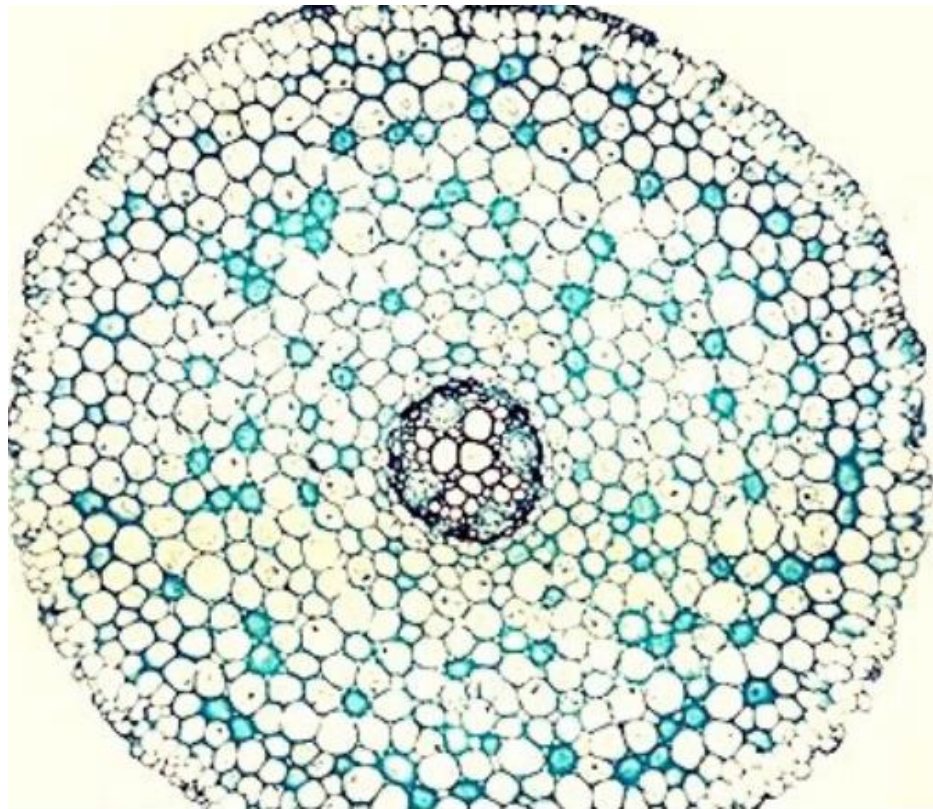
Le sol et la racine



- La racine de la plante met en œuvre un contact intime avec les différentes particules solides du sol.
- L'eau est ainsi absorbée par les racines à la surface de ces particules.
- **Plus la racine sera « mûre », plus il sera difficile pour elle d'absorber les éléments du sol. La présence de Suber dans la racine, signifie que la racine a plus un rôle d'ancrage que d'absorption.**
- **Un bon sol doit contenir des éléments nutritifs et assimilables par la plante, avoir une texture friable (incorporation des racines, aération et vie microbienne), avoir un bon pH, être capable de retenir l'eau et les nutriments, et contenir des CAH (Complexe argilo-humique, élément du sol chargé négativement, qui va attiré à lui les nutriments chargé positivement).**

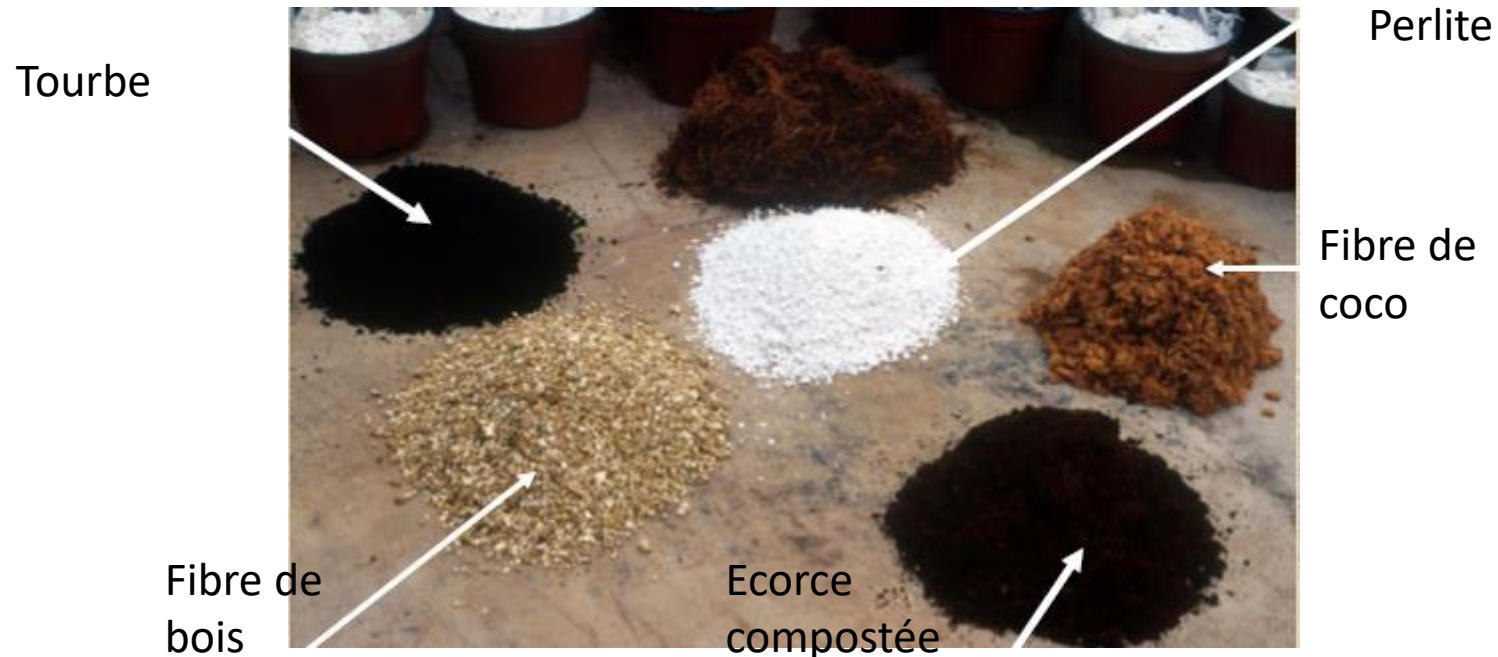


Coupe transversale de racine



Rôle: absorber l'eau et les nutriments. Permet l'ancrage, donc la taille du système racinaire doit être corrélé à la taille de la surface foliaire.

Autre type de substrat



+Pouzzolane,
vermiculite, laine
de roche, argile
expansé, etc...

- Il existe d'autres types de substrats pour la plante, qui sont utilisés par l'homme sous serre. Ils sont généralement inertes (aucun ion ne rentre, aucun ne sort), c'est-à-dire qu'ils n'ont qu'un rôle de substrat, et ne contiennent pas de nutriment disponible pour la plante.
- Ils sont soit de sources organiques, minérales naturelles, ou minérales industrielles.
- Les nutriments sont apportés via engrais solide (granule, poudre), ou liquide (fertirrigation/percolation, hydroponie). Enfin, on peut fertiliser aussi par brumisation aujourd'hui (aéroponie).

Les éléments minéraux absorbés par la plante

- Les nutriments absorbés par la plante sont assez nombreux. Néanmoins, la plante en aura besoin de certain en plus grande quantité que d'autre. Les nutriments les moins nécessaires en quantité peuvent provoqué des carences s'ils ne sont pas apportés à la plante, elle ne peut pas faire l'impasse dessus.
- La plante absorbe préférentiellement les ions (molécule avec un électron supplémentaire ou un électron en moins) suivants: NH_4^+ (ammonium), NO_3^- (nitrate), K^+ (ion potassium)
- Autre ions absorbés selon leurs importances par la plante:

$\text{NH}_4^+ = \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$

$\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ (Sulfate) $> \text{PO}_4^{3-}$ (Phosphate)

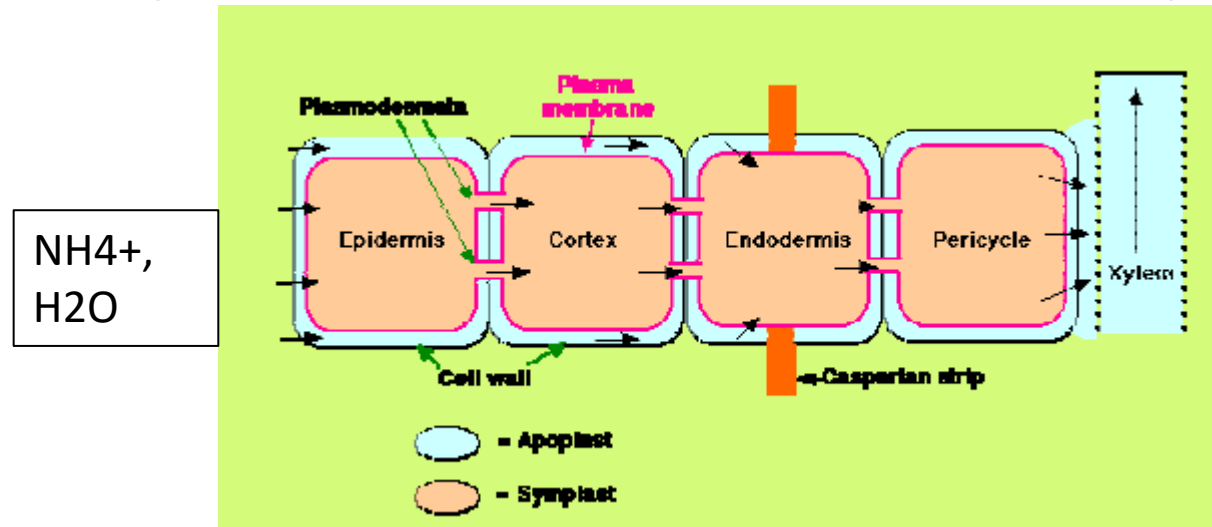
Attention! Selon les conditions de pH, certains nutriments peuvent ne plus être assimilable par la plante. Ils sont dit « chelatés » (emprisonner, fixer à autre élément et difficilement arrachable).

La teneur en oxygène, en eau, la pression et la température impactent aussi l'absorption des nutriments.

Les éléments minéraux vue par le serriste

- 6 macroéléments: N, P, K, Mg, Ca, S
- 6 microéléments: Fe, Cu, Mo, Mn, Zn, B
- Un spectre de pH à adapter selon la plante.
- 3 groupes de plantes:
 - Groupe 1: plantes qui ont de faibles besoins qui tolèrent de faibles concentrations de solution nutritive (0,5 à 1 g/l), c'est le cas du concombre et de la salade.
 - Groupe 2: plantes avec des besoins et tolérances moyennes (1 à 3 g/l). C'est le cas de la tomate et du chou.
 - Groupe 3: plantes avec des besoins et tolérances élevés (3 à 5 g/l). C'est le cas du rosier.

Absorption des nutriments par la plante



Symplasma=intracellulaire
Apoplasme=à travers la paroi

- 1) Les ions et l'eau vont passer à travers l'épiderme de la racine: Il s'agit de transport passif (diffusion à travers les membranes, généralement lent) et de transport actif (qui demande de l'énergie aux cellules).
- 2) Dans le cortex le transport y est passif et se fait par le symplasma et l'apoplasme.
- 3) Dans l'endoderme, la transport des éléments est passif aussi et se fait surtout par le symplasma.
- 4) Passer le péricycle, le transport devient actif surtout, et reste dans le symplasma en majorité.
- 5) La poussée radulaire et l'aspiration foliaire feront le reste du travail !