

# CHAPITRE 1

Dr Habila Safia

# Chapitre I – Éléments constitutifs du sol

- 1-1- Formation des sols
- 1-2- Constituants minéraux
- 1-3- Constituants organiques
- 1-4- Complexes colloïdaux

# 1.1. Pédogénèse

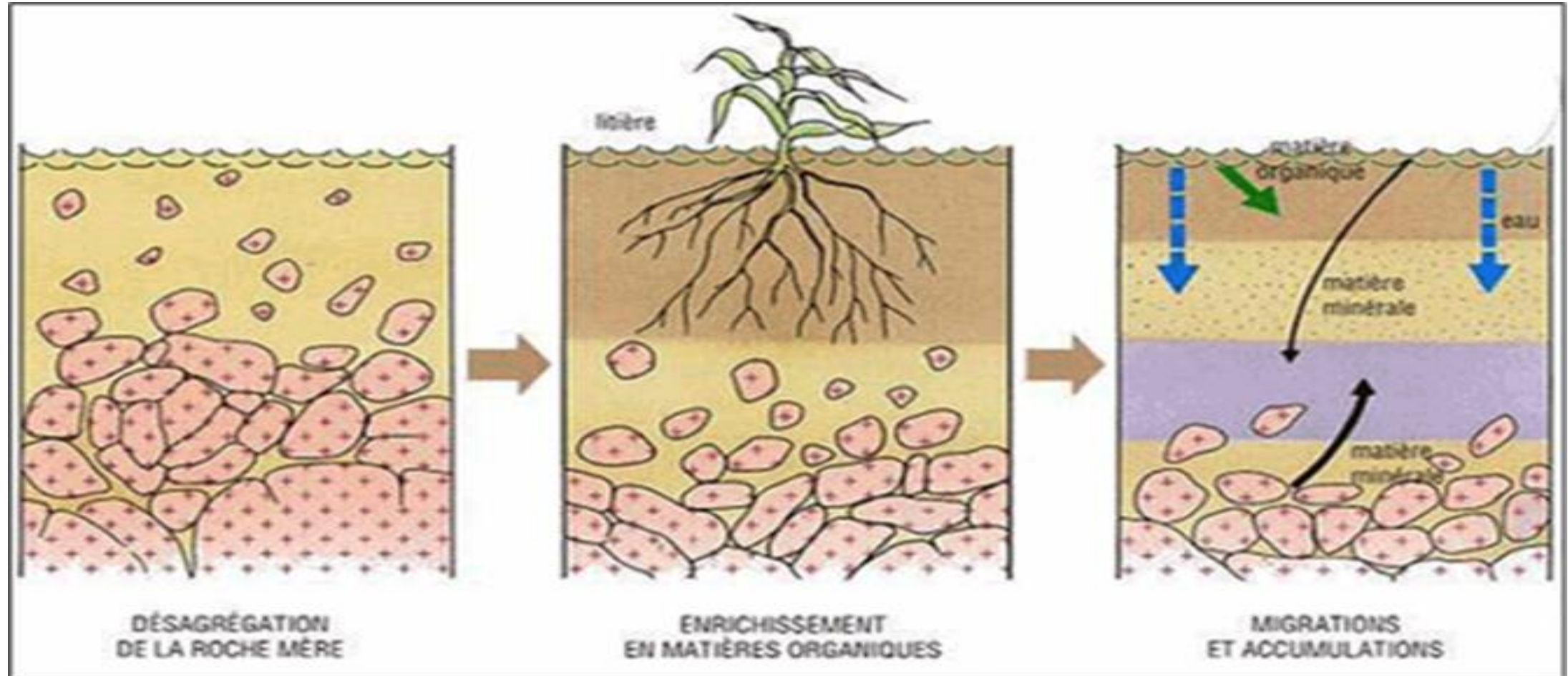
- La Pédogenèse est l'histoire non événementielle du sol.
- C'est l'ensemble des transformations qu'il a vécu, peu à peu, jour après jour depuis que la roche s'est trouvée soumise aux agents externes et que les produits de ces transformations ont commencé à s'accumuler pour former le sol. Le sol, au cours de cette pédogenèse, s'est différencié par rapport à son état initial : le matériau originel. C'est le phénomène de l'altération et de l'évolution. Il se différencie aussi par rapport à ses états successifs : c'est le développement, marqué par l'apparition de nouveaux traits pédologiques et de nouveaux horizons. Il se différencie enfin par rapport aux autres sols, c'est l'individualisation.

- Les processus de formation du sol sont influencés par le climat, la roche mère, le relief, le paysage avec sa flore et sa faune, l'eau et l'être humain

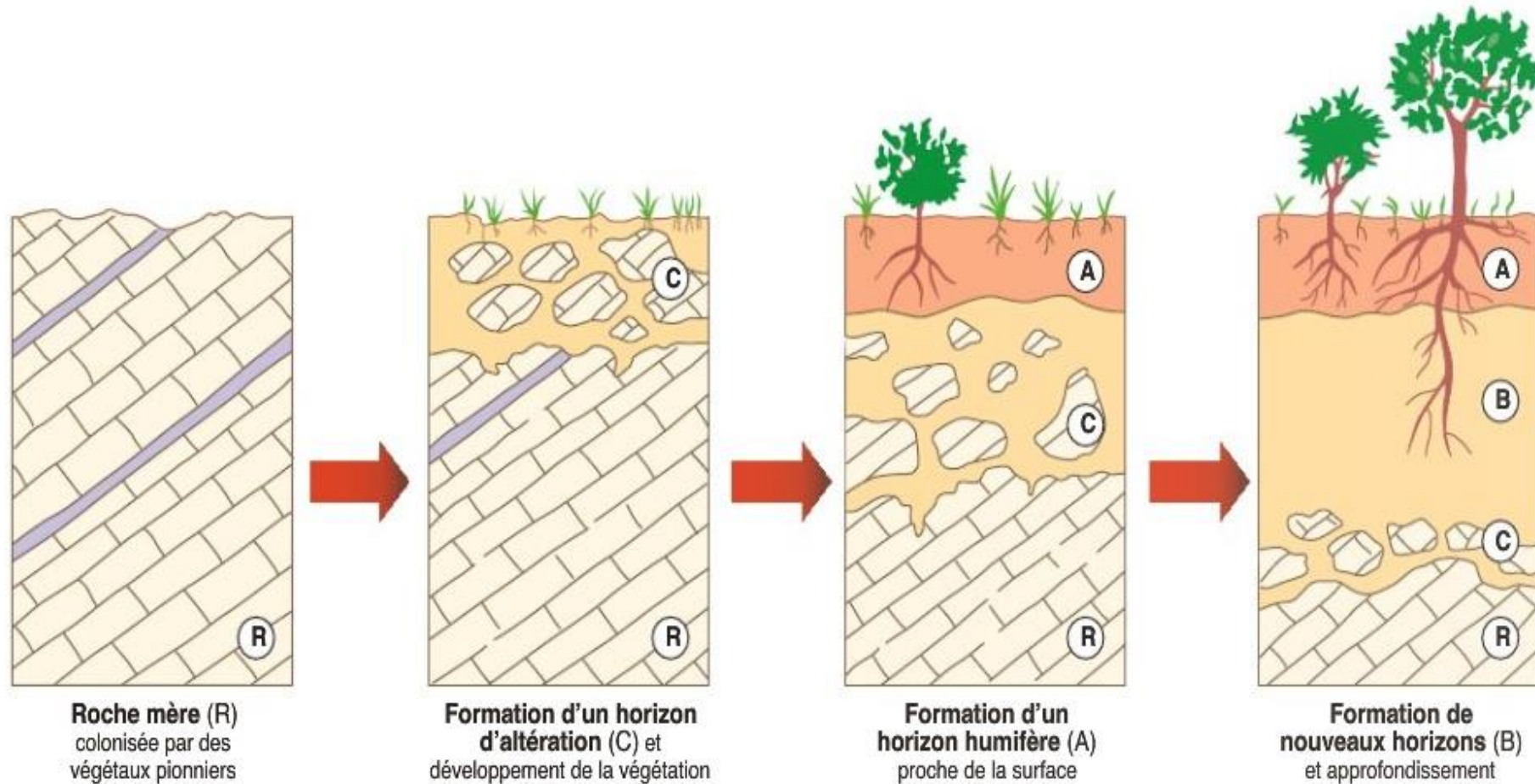
## 1.1.1 Étapes de la pédogénèse

- la pédogénèse est un ensemble de processus progressifs qui passe par plusieurs étapes. Ces étapes au nombre de trois sont les suivantes (figures 3 et 4): -
- 1ème étape : Désagrégation et altération d'une roche. –
- 2ème étape : Enrichissement en matière organique.
- - 3ème étape : Déplacements verticaux ou migration de substances donnant au sol son profil.

# Figure 3 étapes de pédogenèse



# Figure 4 étapes de pédogenèse



## 1.1.A.Désagrégation et altération.

- Ce sont des phénomènes de transformations physico-chimiques et chimiques. La désagrégation physique des roches aboutit à la formation du squelette du sol composé, de cailloux, de graviers, de sables grossiers et de sables fins et des limons. La désagrégation peut :



1. Dynamique: elle s'exerce sous l'effet de déplacement des eaux et du vent, et des matériaux qu'ils transportent. –
2. Statique : - Elle s'exerce par variations de température et humidité. - Variations élevées de température surtout en climat continental.
3. Le gel: association entre température et humidité L'hydratation des minéraux (roches meubles) augmente leur volume Fissuration naturelle des roches phénomène géologique.
4. Biologique : Par la pression des racines d'arbres et arbustes. Par la sécrétion racinaire provoquant une altération des roches.

## 1.1.B. Altération chimique et biologique

- Sous l'action du climat le minéral devient plus soluble et change de structure en se fragmentant plus facilement.
- Cette transformation aboutit à la formation du complexe d'altération composé de :-argile ,silice, oxydes de fer et d'alumine et de sels plus ou moins solubles de calcium ,sodium, magnésium etc. Les mécanismes d'altération se font par: La dissolution par l'eau et gaz carbonique : exemple.  $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

- L'hydratation  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (hématite ,rouge)+eau -  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ (goethite brune). - L'hydrolyse : eau+acide ou base. L'hydrolyse est une transformation chimique exercée par les ions  $\text{H}^+$  ou  $\text{OH}^-$  contenus dans l'eau. L'hydrolyse s'exerce sur les minéraux silicates des roches cristallines..les principales sont les silicates d'alumine. L'hydrolyse de ces minéraux aboutit à la formation des argiles.

# Les étapes sont les suivantes

- différenciation d'horizons, approfondissement de la partie meuble par lessivage (percolation des solutions entraînant de l'argile. début de différenciation des horizons par approfondissement de la partie meuble et de l'enracinement, colonisation progressive par d'autres végétaux produisant plus de débris organiques et génération de jus organiques qui attaquent les minéraux de la roche, attaque de la roche par l'eau et colonisation par des végétaux comme les mousses et les lichens,

## 2 ème STADE : ENRICHISSEMENT EN MATIERE ORGANIQUE.

- Colonisation par des végétaux " rustiques " comme les mousses et les lichens, colonisation progressive par d'autres végétaux produisant plus de débris organiques et génération de jus organiques qui attaquent les minéraux de la roche, début de différenciation des horizons par approfondissement de la partie meuble et de l'enracinement, différenciation d'horizons, approfondissement de la partie meuble par lessivage (percolation des solutions entraînant de l'argile.

# 3ème ETAPE : Les migrations des éléments du complexe d'altération.

- Migration = déplacements des éléments du complexe d'altération à l'intérieur du profil. Migration ascendante. (Remontée capillaire, évaporation). Migrations Migration oblique . (en présence de pente) Migration descendante. (éluviation, lessivage fct de l'eau.) Ces déplacements accélérés ou freinés par le climat, par la perméabilité du sol et le type d'humus vont créer dans le sol des couches plus ou moins distinctes qu'on appelle horizons. la succession des horizons =profil =ped.

# LES HORIZONS DU SOL

L'horizon O

Humus

L'horizon A

Couche arable  
(Sol de surface)

L'horizon E

Éluviaux

L'horizon B

Sous-sol

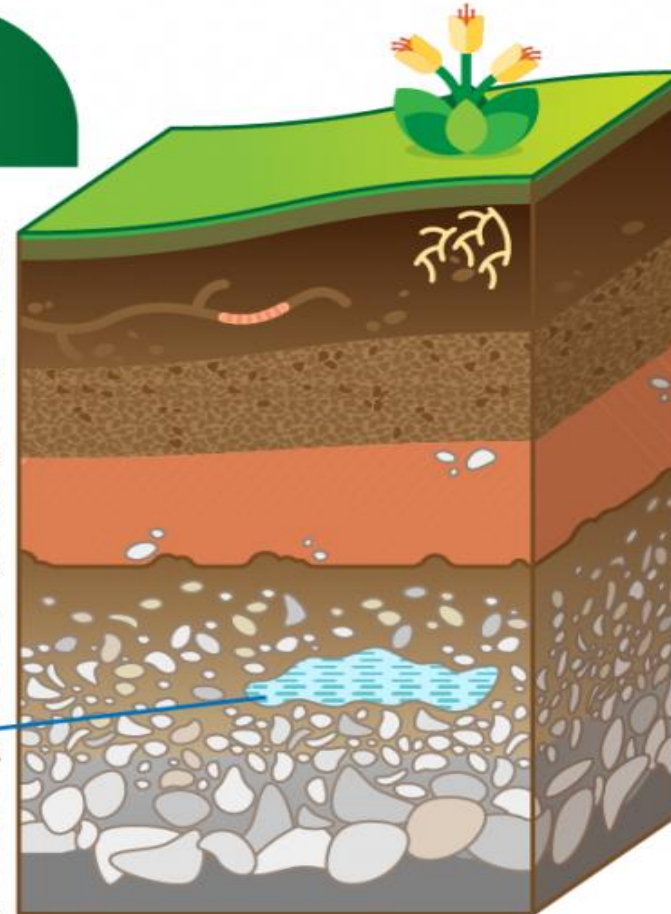
L'horizon C

Couche de  
matériau originel

Eau souterraine

L'horizon R

Substrat  
rocheux

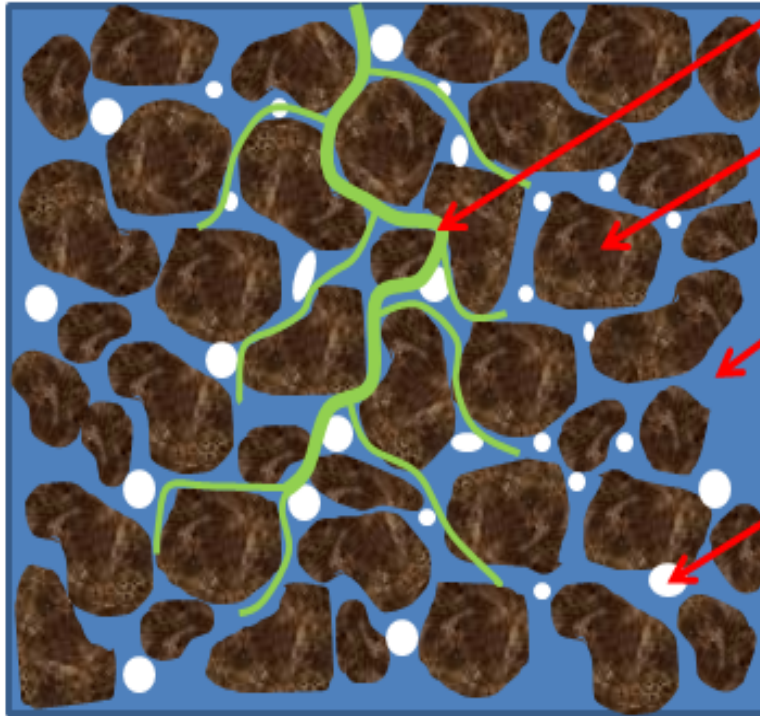


# Constituants d'un sol

- Le sol situé dans l'horizon humifère est généralement constitué de fractions (voir schéma ci-dessous) :
  - **Solide** (sous forme d'agrégats):
    - éléments minéraux: particules de roche + amendements
    - éléments organiques: matière organique<sup>1</sup> issue des organismes du sol + fumure
  - **Liquide** (solution du sol):
    - eau
    - substances dissoutes
  - **Gazeuse** :
    - air
    - gaz issus de la décomposition de matière organique



## 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

# Les constituants minéraux du sol

- Les minéraux constituent, en général, de 95 à 99% du sol. La composition minérale dépend de la nature de la roche-mère. La nature des minéraux peut être extrêmement diverse avec des tailles granulométriques différentes
- Sable ( $\varnothing = 2000$  à  $50\text{ }\mu\text{m}$ )
- Limon ( $\varnothing = 50$  à  $2\text{ }\mu\text{m}$ ).
- Argile granulométrique ( $\varnothing < 2\mu\text{m}$ ).
- La texture d'un sol correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Les sols sont classés suivant leurs proportions relatives en particules argileuses, limoneuses et sableuses

### 2.1.1 Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique qui consiste en une séparation des constituants du sol en fonction de leur taille ( diamètres des particules : les éléments minéraux sont supposés de forme sphérique.) est la meilleure façon de procéder pour connaître les différents constituants minéraux des sols et déterminer sa **texture**

La analyse granulométrique qui se fait par agitation du sol dans de l'eau peut être réalisée sur l'échantillon brut tamisé à 2 mm (**terre fine**) après avoir détruit la matière organique par traitement à l'eau oxygénée et les carbonates par l'acide chlorhydrique et la dispersion des particules à l'aide d'un dispersant alcalin (Hexamétaphosphates de Na)



**l'analyse granulométrique** de la terre fine du sol est constituée deux opérations distinctes:

1- **Opération de tamisage**: les fractions grossières ( diamètre > 50  $\mu\text{m}$ ) sont séparées par tamisage ( sable grossier, sable fin).



Série de tamis en fonction des classes de sols (2mm-0.05mm) c.a.d la fraction **sable fin** et **sable grossier** les résultats sont exprimés en %

Tamiseuse de laboratoire

2- **Opération de sédimentation** : les fractions moyennes et fines ( **diamètre < 50 µm**) sont obtenues par mesure de la vitesse de sédimentation des différentes particules du sol dans de l'eau.

La vitesse de sédimentation, pour une particule de grosseur déterminée, est donnée par **la loi de Stokes**. Elle est proportionnelle au carré du rayon de la particule :

$$V=K.R^2$$

V: Vitesse de sédimentation

K: Coefficient qui dépend de la température de l'eau

R: Rayon de la particule,

**Exemple:** à 20° pour **les limons**, temps de chute sur 10cm de hauteur, est égal à 4mn 48 sec.

**Pour les argiles** ce temps de chute est de 08h.

Tableau . Temps de chute en fonction de la taille des particules

diamètre (µm)	temps pour parcourir 1 m (à 20°C)
60	Près de 6 minutes
16	1 heure 12
4	19 heures
2	3 jours 5 heures
1	13 jours
0,1	1293 jours



Pipette de Robinson

On peut ainsi mieux séparer et étudier les constituants minéraux qui sont issus de l'altération des roches.

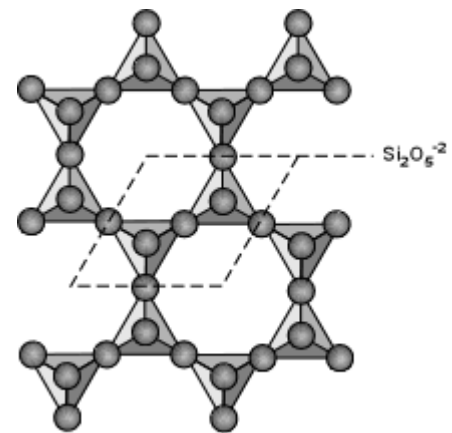
On retrouve :

1-les minéraux de la roche non altérée ou microdivisée ( **altération physique**) (**appelés minéraux primaires**) surtout abondants dans la partie grossière du sol on a les fractions dites sableuses (2 mm à 50  $\mu\text{m}$ ) et limoneuses (50  $\mu\text{m}$  à 2  $\mu\text{m}$ ) avec la présence de feldspaths, micas, quartz, carbonates...

2- les minéraux de la roche altérée (**Le complexe d'altération**) : constituant la fraction fine du sol, qui possède des propriétés particulières en raison des charges électriques.

-C'est la fraction de taille inférieure à 2  $\mu\text{m}$  dénommée **argile** (ou argile «granulométrique» ), ces minéraux microdivisés sont en quantité beaucoup plus faible.

-Cette fraction **phyllosilicatée** qui correspond à l'argile dite «**minéralogique**» peut comprendre **des minéraux primaires** phyllosilicatés (micas par exemple) microdivisés, des argiles **héritée, transformée ou néoformée**. On retrouve aussi d'autres constituants caractéristiques des sols, les oxyhydroxydes de Fe, Al, Mn, Si, associés aux argiles et complexés avec l'humus. L'ensemble de ces constituants forment le complexe d'altération.



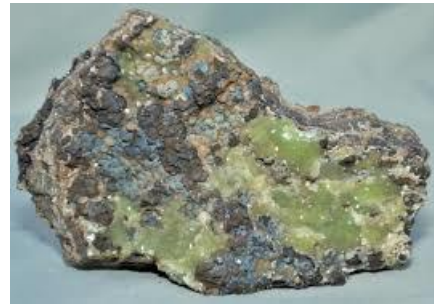


**Table 1.1: Primary and secondary minerals found in soils.**

Primary Minerals		Secondary Minerals	
Name	Formula	Name	Formula
Quartz	$(\text{SiO}_2)$	Goethite	$(\text{FeOOH})$
Muscovite	$[\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	Hematite	$(\text{Fe}_2\text{O}_3)$
Orthoclase	$[\text{KAlSi}_3\text{O}_8]$	Gibbsite	$(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$
Biotite	$[\text{KAl}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	Clay minerals	Aluminium silicates
Albite	$[\text{NaAlSi}_3\text{O}_8]$	Dolomite	$[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$
Hornblende	$[\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	Calcite	$\text{CaCO}_3$
Augite	$[\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_4(\text{Mg}, \text{Fe})_4\text{Si}_6\text{O}_{24}]$	Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Anorthite	$[\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$		
Olivine	$[(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4]$		
Mica	$[\text{K}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_2]$		



Quartz



Goethite



Gypsite



Mica



Hematite

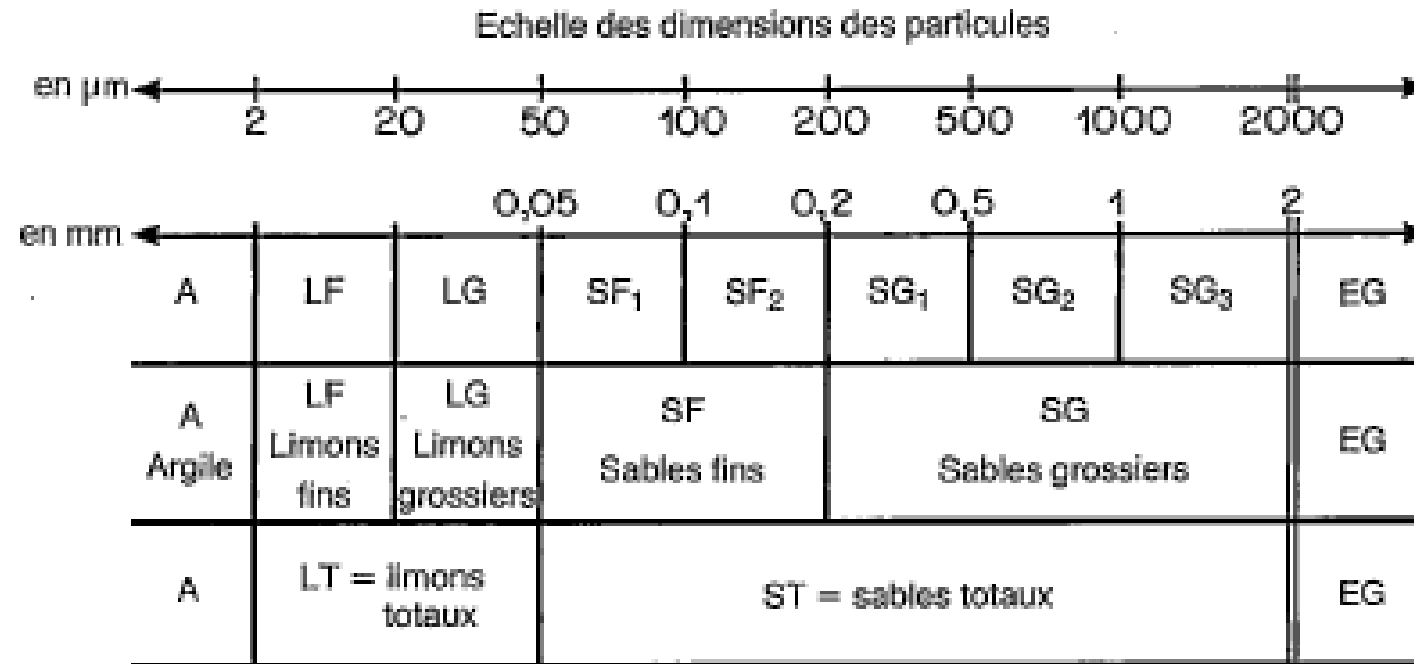


Biotite



Dolomite





<b>TERRE FINE</b>	ARGILE	particules de moins de 2 $\mu\text{m}$
	LIMONS FINS	2 à 20 $\mu\text{m}$
	LIMONS GROSSIERS	20 à 50 $\mu\text{m}$
	SABLES FINS	50 $\mu\text{m}$ à 200 $\mu\text{m}$
	SABLES GROSSIERS	200 $\mu\text{m}$ à 2mm
<b>ELEMENTS GROSSIERS</b>	GRAVIERS	2 à 20 mm
	CAILLOUX	2 à 7,5 cm
	PIERRES	7,5 à 20 cm
	BLOCS	>20 cm

Sol sableux



Sol limoneux



Sol argileux



### 2.1.3 Types de texture:

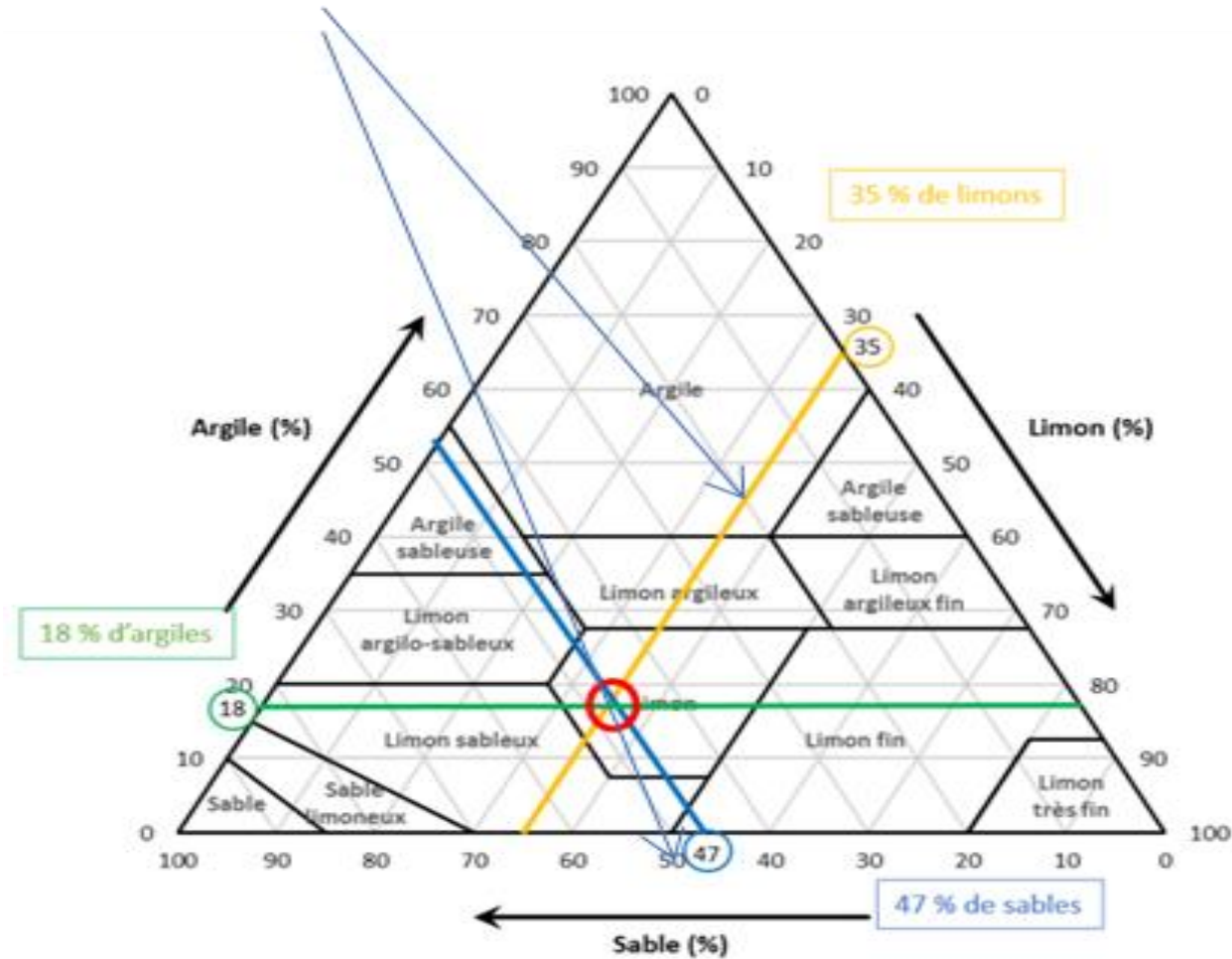
l'analyse granulométrique permet de fixer le pourcentage des divers constituants du sol. **Les classes de texture** sont déterminées d'après un graphique triangulaire (**triangle de texture**) représentant la répartition des éléments constituants du sol suivant leurs dimensions. Le point de concours des trois droites parallèles aux côtés, définit la classe texturale.

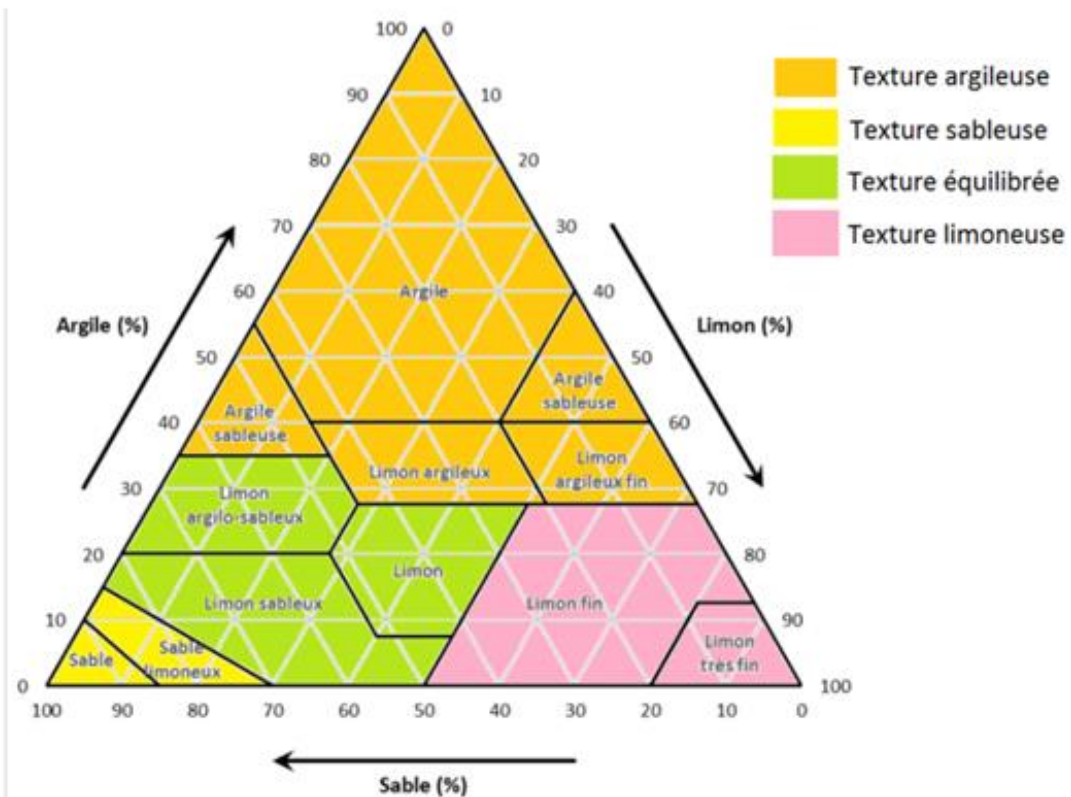
La dénomination des classes de texture commence par l'énonciation de la classe granulométrique prédominante puis de celle qui lui succède en %.

Exemple : texture limono-sableuse ou limon sableux désigne une texture où la fraction prédominante est celle des limons et contenant une teneur non-négligeable de sables.



# Les classes de texture





Exemple d'un triangle de texture

- la fraction grossière du sol, de la taille des sables et des limons est appelée le squelette du sol, c'est une fraction qui est chimiquement assez inerte.
- Car ces grains portent peu de charge électrique et leur surface spécifique (surface développée par unité de masse) est faible.
- Ce sont les constituants minéraux les plus petits, les argiles qui ont plus grande réactivité chimique, du fait des surfaces qu'ils développent et de leurs charges

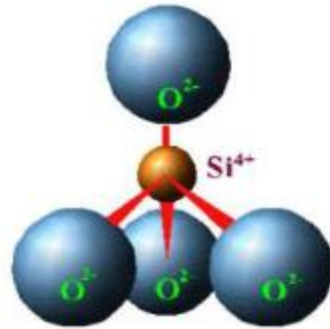
# Les argiles

- Définition 1 : au sens agronomique, l'argile est la fraction minérale du sol dont les particules ont une taille  $< 2\mu\text{m}$ .
- Définition 2 : au sens minéralogique, les argiles sont des phyllosilicatées dont l'unité de base est un feuillet de structure bien définie. Les feuillets sont des superpositions de couches de tétraèdres de silicium (Te) ou d'octaèdre d'aluminium (OC). Le feuillet est construit à partir de deux couches Te – OC ou trois couches Te – OC – Te
- Couche tétraédrique : est composée de tétraèdre  $\text{Si}^{+4}$  entourés de quatre anions  $\text{O}^{2-}$  aux sommets.
- Couche octaédrique : est constituée d' $\text{Al}^{+3}$ , généralement entourés de six hydroxyles  $\text{OH}^-$  ou bien  $\text{O}^{2-}$

## 2. Structure minéralogique des argiles

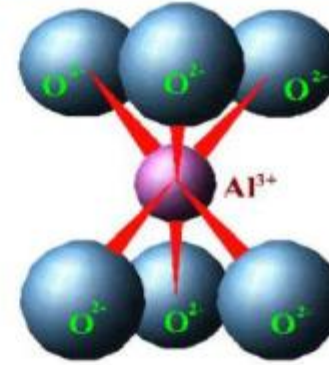
Structure « feuilletée » - Empilement de feuillets élémentaires ( $10^{-9}$  mm) constitués de deux couches :

### *Couche tétraédrique*



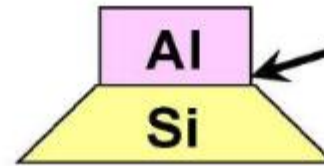
Si

### *Couche octaédrique*



Al

Le feuillet élémentaire

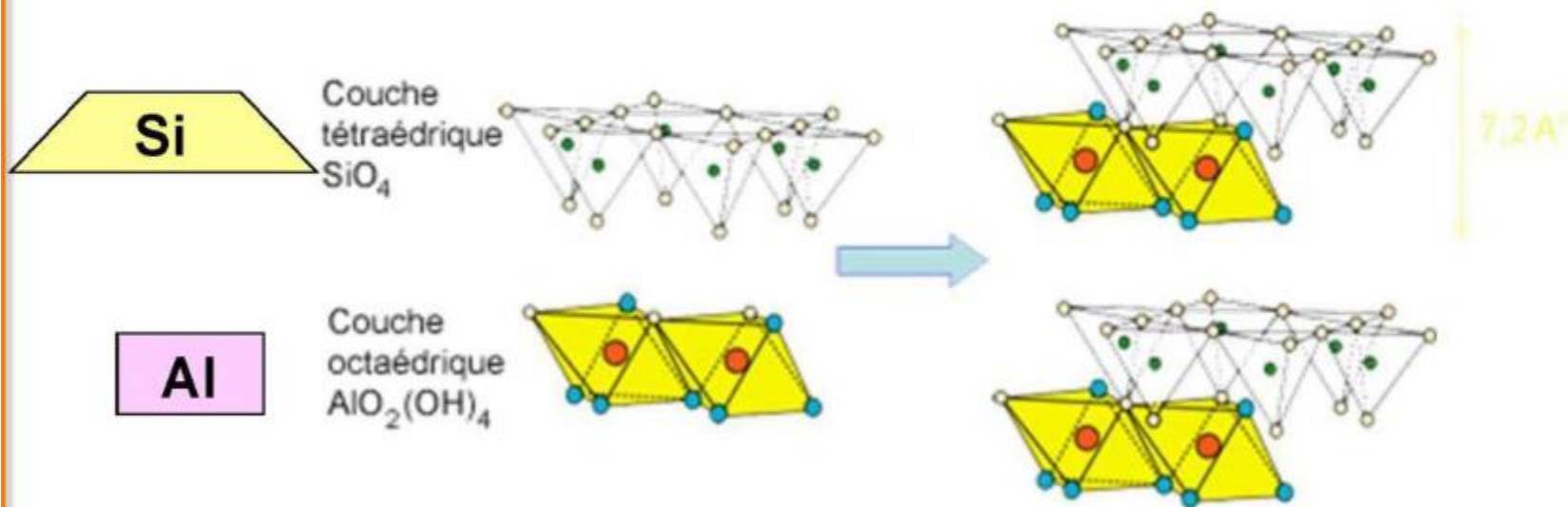
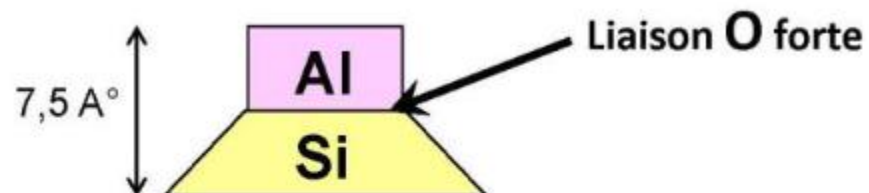


liaison O forte



## 2. Structure minéralogique des argiles

### Le feuillet élémentaire



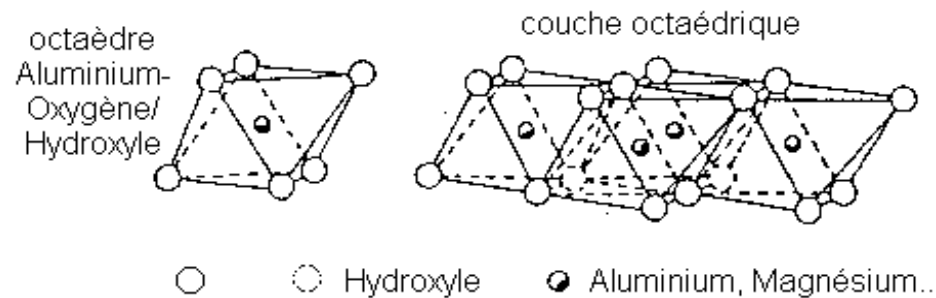
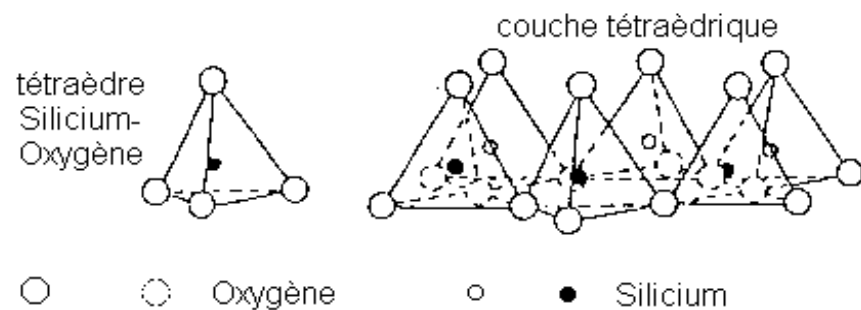
### 2.1.4.3. Les types de structures des argiles

Trois types *d'argiles minéralogiques* sont différenciés selon nombre de couches constituant les feuillets:

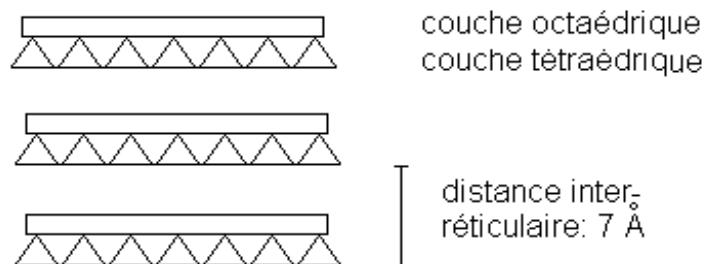
-**Le type 1/1** est le plus simple, avec un feuillet à deux couches ; une couche tétraédrique de silice et une couche octaédrique d'alumine d'une épaisseur fixe de 7 Å, y compris l'espace interfoliaire (Te, Oc). Exemple : la kaolinite.

-**Le type 2/1** est constitué d'un feuillet à trois couches, une couche octaédrique comprise entre deux couches tétraédriques (Te, Oc, Te). Dans ce groupe on retrouve les argiles micacées comme les *illites* (épaisseur constante de 1 nm) et les *vermiculites* (épaisseur variable de 10 à 15 Å) ainsi que les *argiles gonflantes* que sont les *smectites-montmorillonites*, dont l'épaisseur des feuillets peut atteindre 20 Å par hydratation.

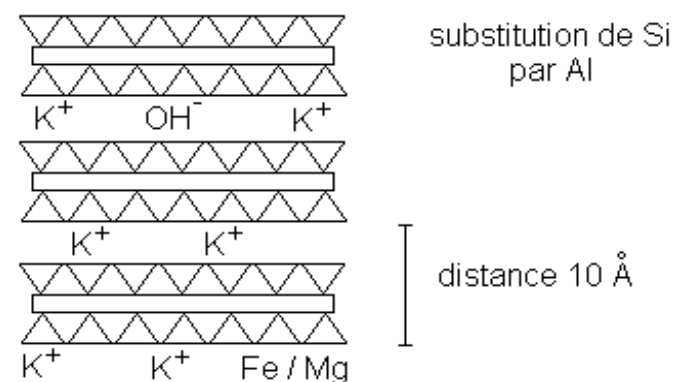
- Le type 2/1/1 présente un feuillet à trois couches complétées d'une couche supplémentaire octaédrique à base de magnésium. Ces argiles à faible capacité d'échange, les chlorites, ne sont pas gonflantes, l'épaisseur des feuillets restant fixe.



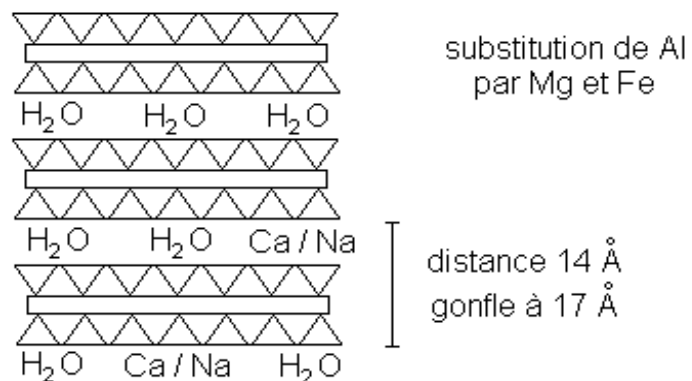
**KAOLINITE**  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$



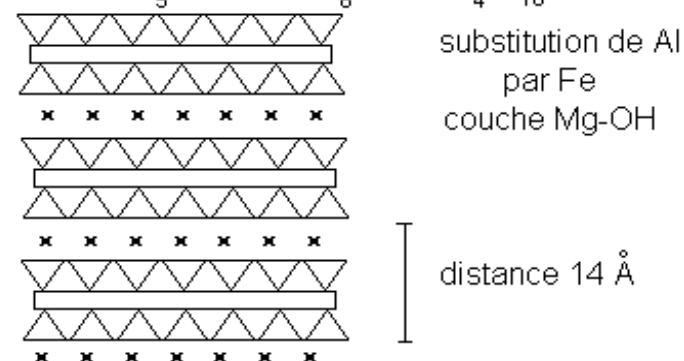
**ILLITE**  $\text{K Al}_2(\text{OH})_2 \cdot (\text{Al Si}_3(\text{O}, \text{OH})_{10})$



**SMECTITES**  $2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \cdot n \text{H}_2\text{O}$   
(Montmorillonite)  $(\text{Mg}, \text{Ca}) \text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$



**CHLORITE**  $\text{Mg}_5(\text{Al}, \text{Fe})(\text{OH})_8(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}$



## **2.1.4. Autres constituants minéraux des sols**

Dans le sol, il existe d'autres minéraux non argileux ayant des comportements colloïdaux proches des argiles.

### **2.1.4.1. Les oxydes et hydroxydes de fer, d'aluminium et de manganèse**

Ils sont toujours présents dans les sols, le plus souvent en faible quantité (< 5 %) dans les sols des régions à climat tempéré mais ils peuvent devenir des constituants majoritaires dans les sols tropicaux. Leur rôle est important : ils peuvent servir à définir les processus de pédogénèse, ils donnent souvent leur couleur au sol (sols rouges méditerranéens ou tropicaux) et interviennent de manière notable dans les propriétés physiques et chimiques des sols.

Ces composés peuvent être très bien cristallisés ou bien ne présenter que des ébauches de cristallinité (ex : ferrihydrite) ; ils seront souvent de très petite taille (= quelques nanomètres) et auront donc des propriétés colloïdales importantes.

Les oxydes de manganèse apparaissent également très importants par leurs propriétés de charges et de surfaces : leur formation est, comme pour le fer, très dépendante des conditions d'oxydo-réduction du milieu.

Les oxyhydroxydes de Fer sont en particulier la goethite de couleur ocre ( $\text{FeOOH}$ ) en climat humide, l'hématite rouge ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en sol fersialitique. Ils assurent les liaisons entre argiles et humus. Les formes complexées évoluent vers des formes cryptocristallines puis cristallines.

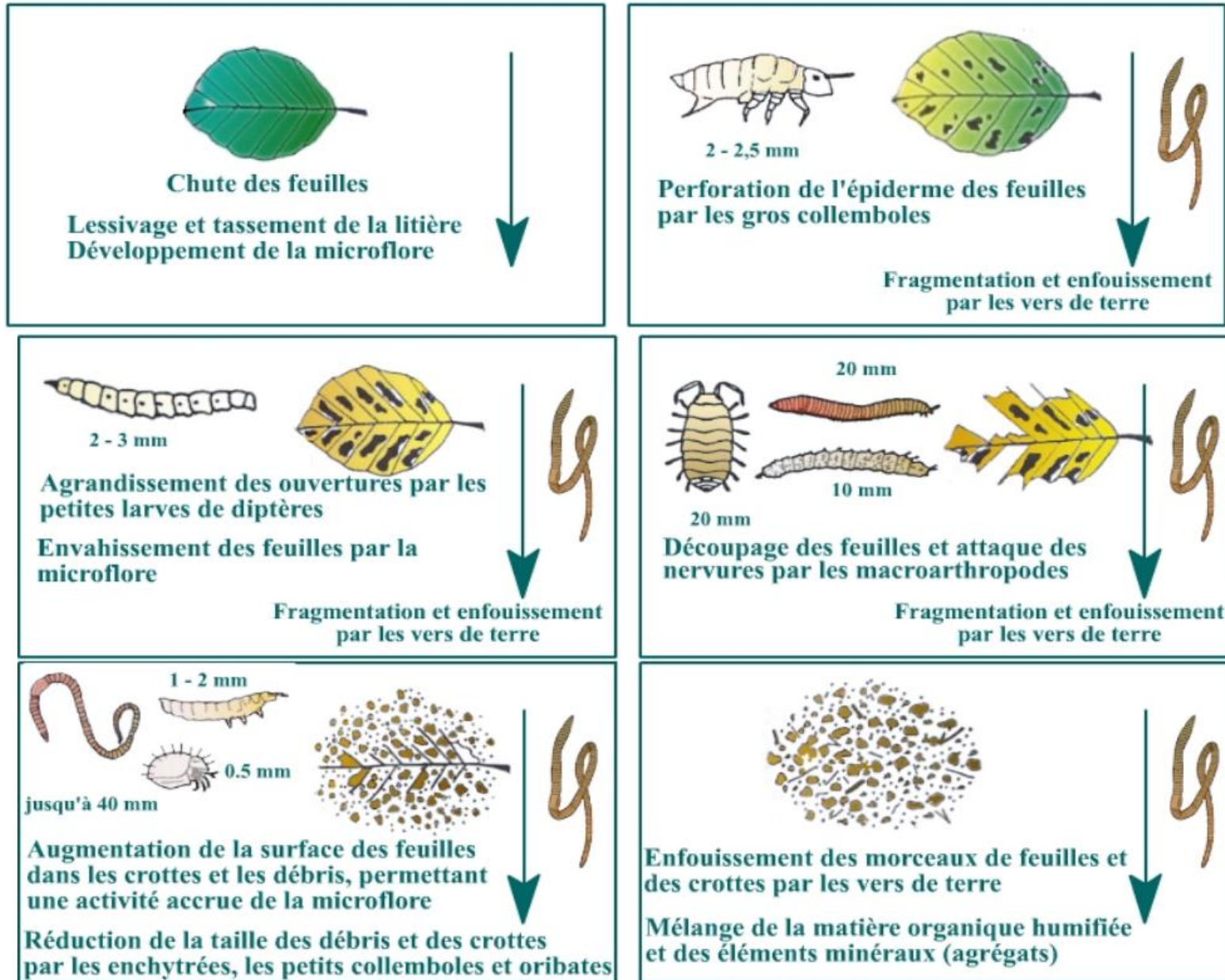
L'aluminium est sous forme d'ion  $\text{Al}^{3+}$  hydraté responsable de l'acidité du sol. Comme le fer, ils assurent les liaisons argiles-matière organique et peuvent se fixer sur les feuillets de vermiculite pour donner une chlorite. Les formes cristallines de l'aluminium comme la gibbsite ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) et la bohémite ( $\text{AlOOH}$ ) sont rares dans les

# Constituants organiques

- Le terme «matières organiques du sol» regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elles représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols.
- Elles se répartissent en trois groupes
- les Matières Organiques Vivantes (MOV), animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...),

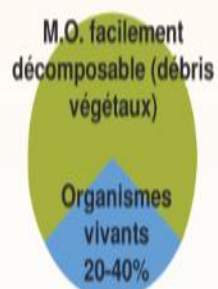
- les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «Matières Organiques fraîches ». Associés aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires (évolution de la matière organique fraîche), elles composent les MO facilement décomposables.
- Les composés organiques stabilisés (« MO stable »), les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total

## Un exemple de décomposition de matière organique par la faune et la microflore





## Composition des matières organiques du sol



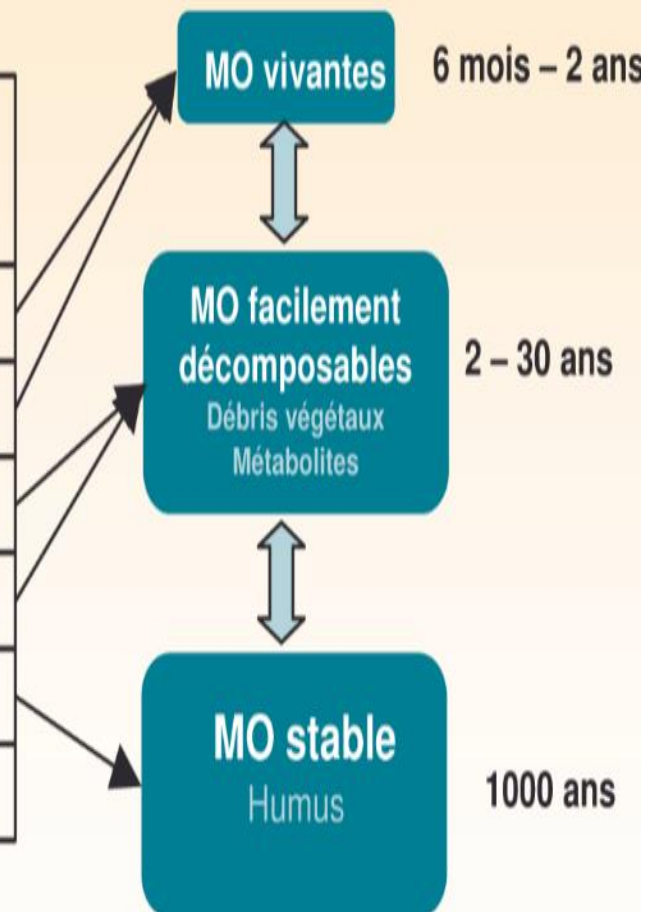
## Quantification des principales fractions des M.O. des sols

*Cas d'un sol de grandes cultures du bassin parisien*

Type de matière organique	Quantité (T C.org/ha)	Pourcentage
Macrofaune	0,5	1 %
Biomasse microbienne	1 à 2	2 à 5 %
Résidus organiques frais, « libres »	0 à 4	0 à 10 %
Résidus organiques évolués	2 à 4	5 à 10 %
« Humus »	36	90 %
TOTAL	40	

## Turn Over

Temps de résidence



Sources : Gaillard, 2001 Thèse de doctorat

B. MARY, INRA Laon-Reims-Mons

R. Chaussod R. Nouaïm, 2001, INRA Dijon

# Les matières organiques vivantes ou la biomasse en activité

Catégorie	Exemples	nombre d'espèces	taille	abondance	biomasse g / m <sup>2</sup>	"fonction"	régime alimentaire
<i>Microfaune</i>	protozoaires	68	0,2 mm	10 <sup>3</sup> à 10 <sup>11</sup> / m <sup>2</sup>	6 à > 30	microphages consommateurs de colonies bactériennes action de prédation stimulant le renouvellement de la microflore.	champignons, bactéries, débris organiques, algues.
	nématodes	65	0,1 à 5 mm	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>8</sup> / m <sup>2</sup>	1 à 30		
<i>Mésafaune</i>	arthropodes inférieurs (collemboles, acariens,...)	140	0,2 à 4 mm	2x10 <sup>4</sup> à 4x10 <sup>5</sup> / m <sup>2</sup>	0,2 à 400	broyeurs de feuilles.	résidus de végétaux, algues, champignons et bactéries.
	enchytraéidés (annélides)	36					
<i>Macrofaune</i>	taupe, hérisson, lombrics, araignées, myriapodes, fourmis,...	11	3 à 30 cm	10 à 10 <sup>3</sup> / m <sup>2</sup>	20 à 400	fragmentation de la matière organique + brassage avec matière minérale.	résidus de végétaux, cadavres d'invertébrés, champignons et bactéries.
		6	> 1cm	20 à 700 /m <sup>2</sup>	0,5 à 12,5		
<i>Microflore</i>	bactéries, champignons	10 <sup>4</sup>	0,01 à 0,05 mm	10 <sup>8</sup> à 10 <sup>9</sup> / g de sol	2 à 200	indispensables aux cycles du Carbone et de l'Azote.	Matière organique et N atmosphérique.
			< 1micron	10 <sup>4</sup> à 10 <sup>6</sup> / g de sol	100 à 150	dégradation de la MO.	résidus végétaux, parasite, symbiote mycorhizien.
	algues		0,2 mm	10 <sup>2</sup> à 10 <sup>4</sup> / g de sol	5 à 20	synthèse de MO à partir de <i>MM</i> * et CO <sub>2</sub> .	

\*MM : Matières Minérales

# Les matières organiques facilement décomposables

- Les débris d'origine végétale ou animale(matières organiques fraîches):
- Ils correspondent aux débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats) et d'origine animale (déjections cadavres) liés aux activités de surface et au couvert végétal (forêt, prairies, culture).

- Ils sont composés de :
  1. Des substances hydrocarbonées : sucres solubles, amidon, cellulose, lignine, matières grasses, résines, et matières azotées surtout sous forme de protéines,
  2. Des sels minéraux libres : calcium (Ca), magnésium (Mg), potassium, sodium...
  3. Ces substances peuvent être faciles à décomposer et servent alors d'aliment énergétique aux bactéries : sucres, amidons, cellulose, protéines... ou elles peuvent être attaquées plus lentement et plus partiellement laissant d'importants résidus : lignine, matières grasses, tanins...

# Les produits transitoires (métabolites)

- Ce sont les maillons de cette chaîne de transformation partant de matières organiques fraîches à très grosses molécules et aboutissant pour la plupart, à des substances minérales simples à petites molécules : du gaz carbonique et de l'eau, des matières minérales
- telles les nitrates, phosphates, carbonates, sulfates..... ainsi que du potassium, du calcium, du magnésium...
- L'essentiel des minéraux fournis par la minéralisation des matières organiques provient des produits transitoires

# Les composés organiques stabilisés (« MO stable ») : humus

- Ils comprennent les substances humiques (acides fulviques, acides humiques, et humines) d'une part, et
- les composés inertes d'autre part (charbon...).
- Les substances humiques représentent 70 à 90 % des
- matières organiques du sol.





### 2.2.2.1. Evolution de la matière organique des sols

La décomposition de la matière organique se fait sous l'action des microorganismes et produit l'humus et les composés minéraux de l'horizon de surface. Les matières organiques sont d'abord dépolymérisées. Les monomères résultants peuvent suivre 2 voies:

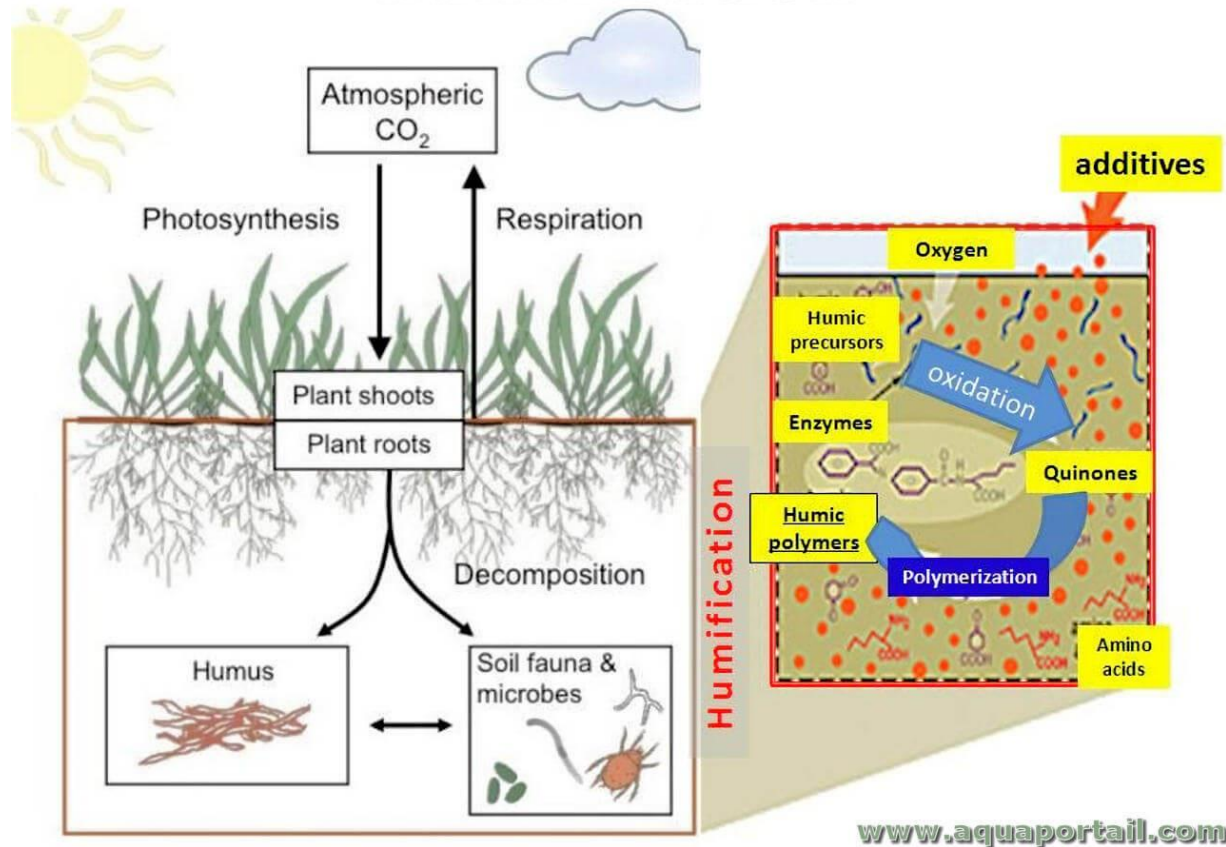
- **la minéralisation** qui produit des composés minéraux comme le  $\text{CO}_2$ , le  $\text{NH}_4^+$ , les nitrates, les carbonates ;
- **l'humification** qui est une repolymérisation en composés organiques amorphes qui se lient aux argiles. Cet humus peut être ensuite minéralisé à son tour, c'est la minéralisation secondaire.



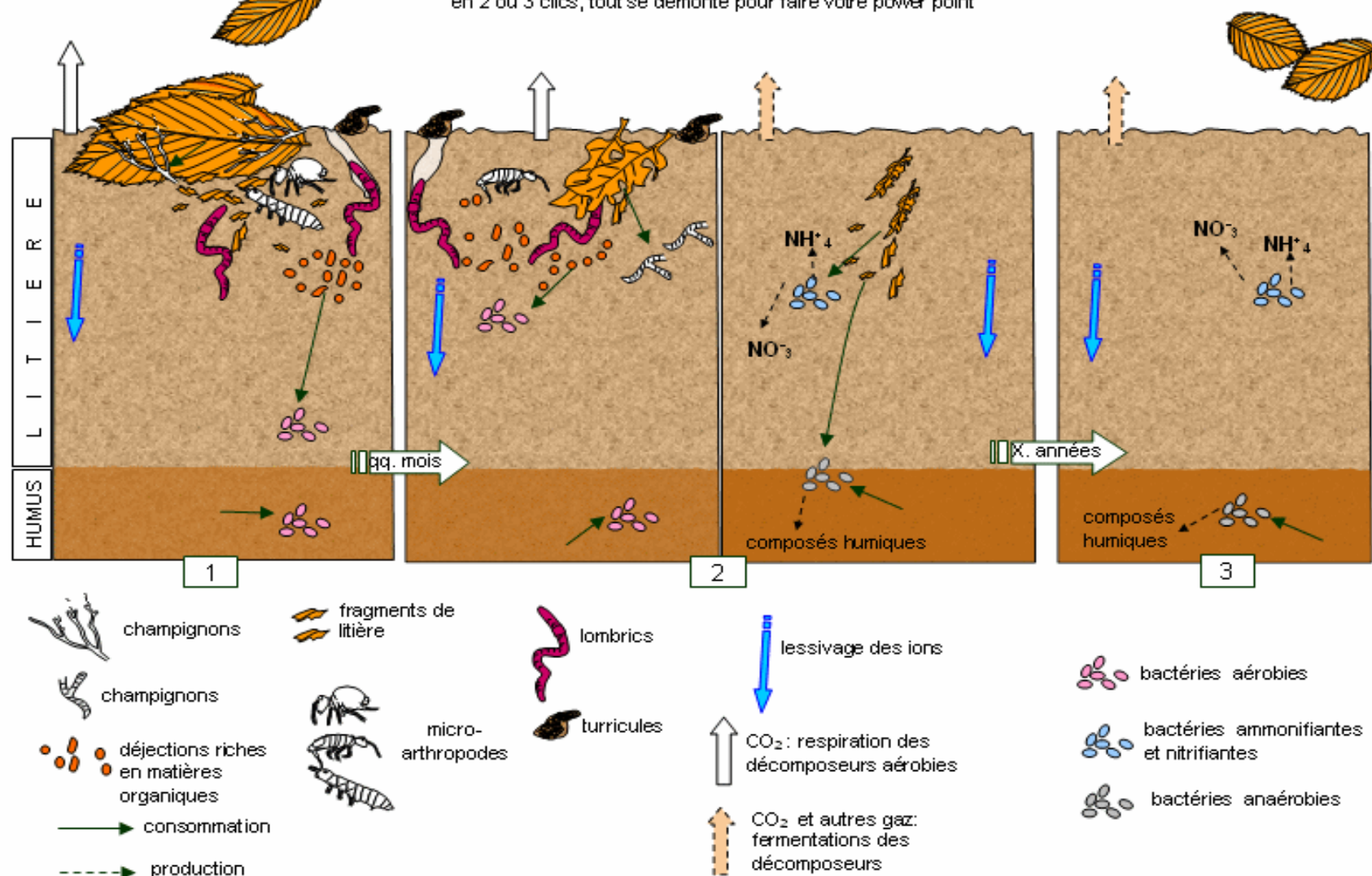
- La première voie correspond, dès le début des processus de dégradation, à des simplifications moléculaires successives, les molécules de poids moléculaire élevé étant scindées en molécules de plus en plus petites. Cette dégradation conduit en définitive à des molécules ou à des ions minéraux de petites dimensions, tels que le carbone ou l'azote des constituants organiques qui se transforment respectivement en  $\text{CO}_2$  et  $\text{NH}_4^+$ . C'est la voie de la minéralisation directe (minéralisation primaire)

- La seconde voie, plus complexe, revêt un double aspect :
- - d'une part un phénomène initial de complication moléculaire aboutissant à de nouvelles molécules organiques complexes, les substances humiques ; c'est l'humification.
- - d'autre part, les substances humiques se minéralisent à leur tour par simplification des substances humiques et apparition des composés minéraux identiques à ceux provenant de la minéralisation primaire :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4^+$

# humification



décomposition de la matière organique et humification  
en 2 ou 3 clics, tout se démonte pour faire votre power point

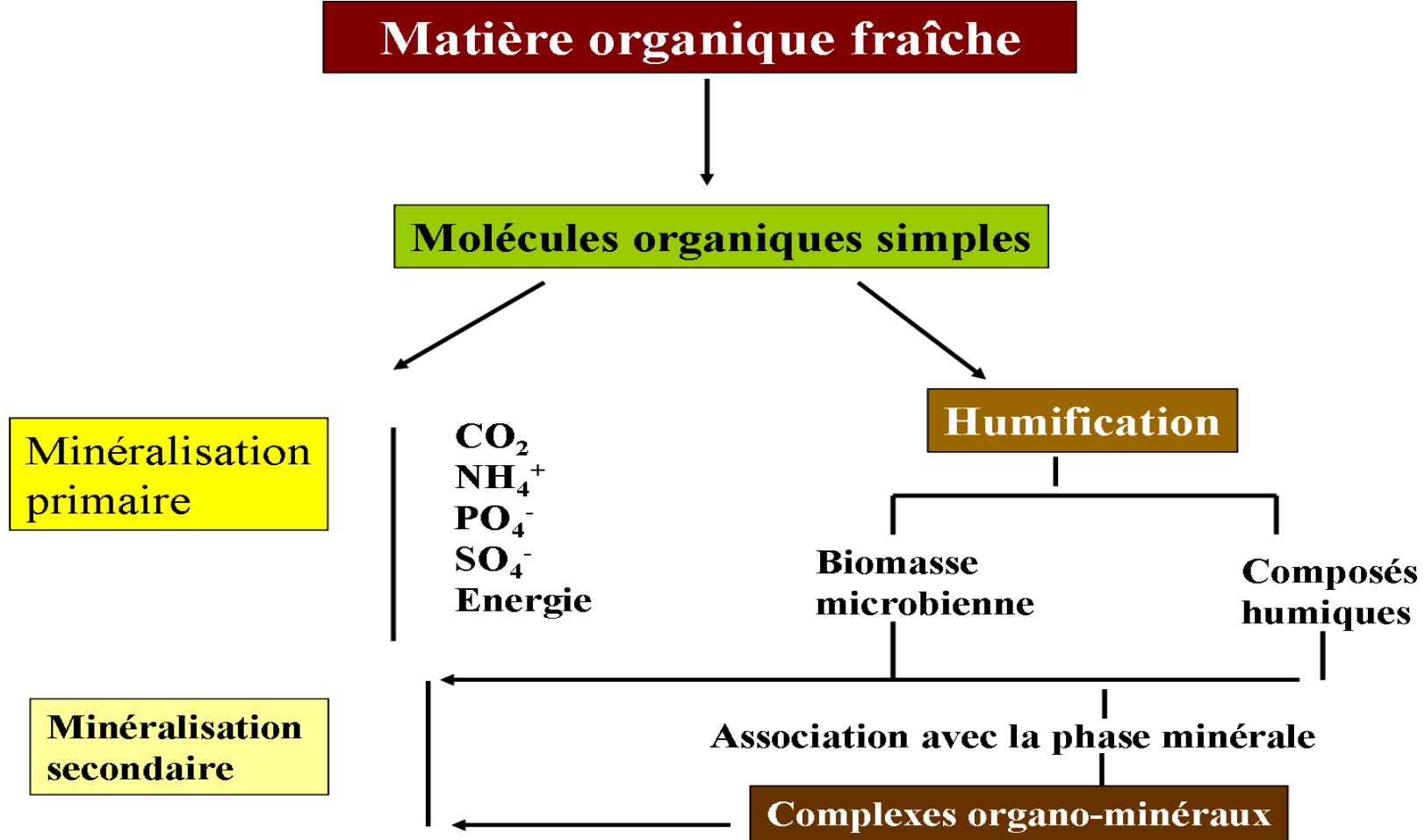


1 : fragmentation et début de digestion des feuilles par les détritovores et les filaments mycéliens

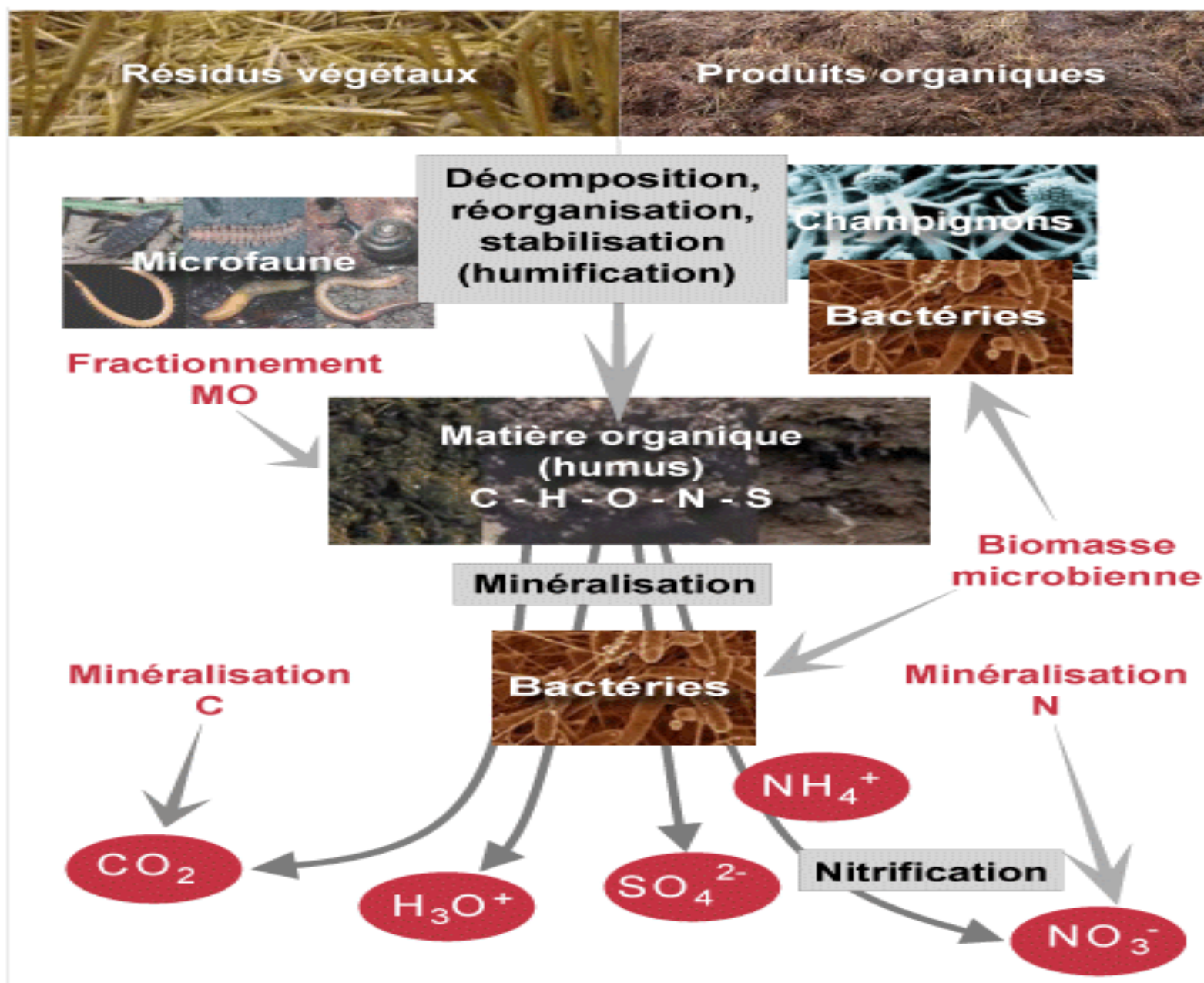
2 : minéralisation primaire – les décomposeurs aérobies et anaérobies transforment la matière organique en composés humiques (acides humiques,...)

3 : minéralisation secondaire= minéralisation retardée de l'humus

remarque : les détritovores consomment de grandes quantités de bactéries



## Évolution de la matière organique dans le sol





## Les rôles des matières organiques du sol

- Dans le sol, les MO assument de nombreuses fonctions agronomiques et environnementales (1) synthétisées dans la Figure 4 :
  1. Elles assurent le stockage et la mise à disposition pour la plante, par minéralisation, des éléments nutritifs dont elle a besoin
  2. Elles stimulent l'activité biologique, étant à la fois source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol.
  3. Elles ont un rôle central dans la structuration du sol et participent à sa stabilité vis-à-vis des agressions extérieures (pluie, tassement...) en limitant notamment l'érosion hydrique.
  4. elles favorisent le réchauffement du sol(coloration plus sombre des matières organiques).
  5. Elles contribuent à la perméabilité, l'aération du sol et la capacité de rétention en eau



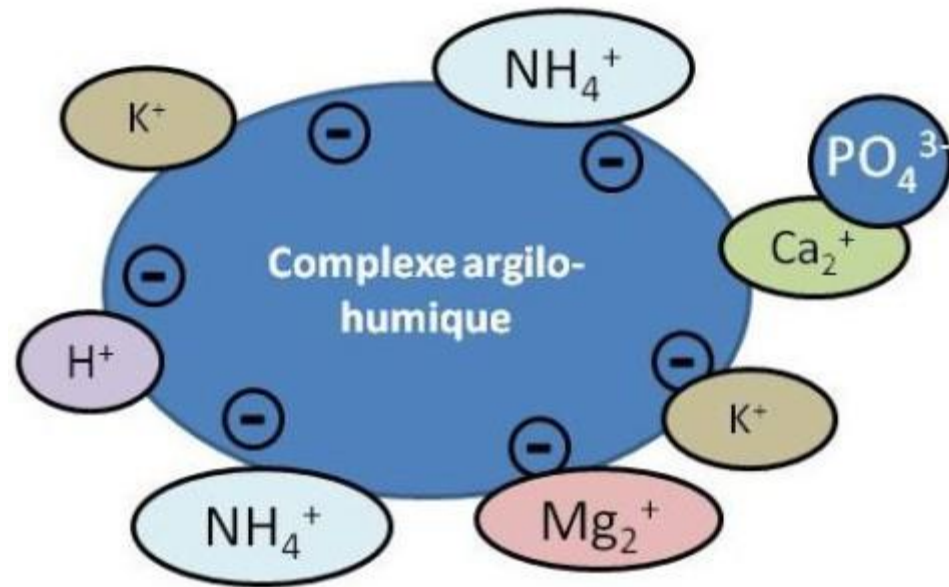


# Le Complexe Argilo-Humique et capacité d'échange en cation

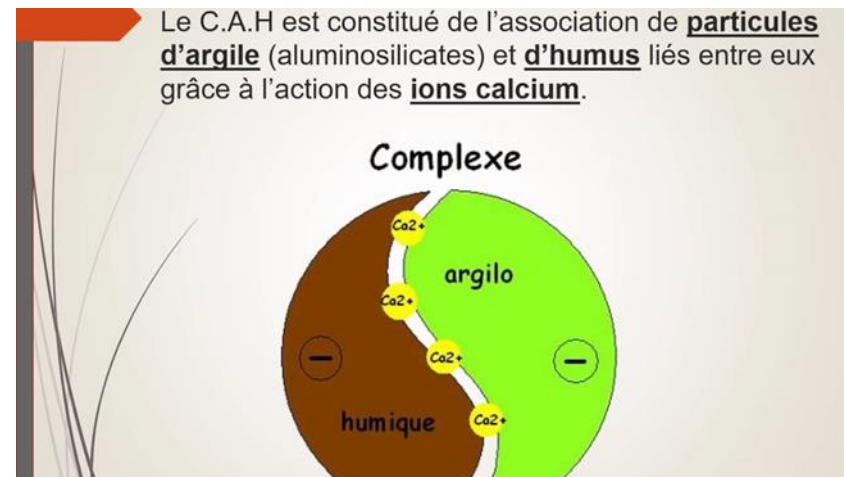
- L'humus et l'argile sont associés en un complexe : le Complexe Argilo-Humique.
- L'humus protège l'argile : en retenant l'eau, il évite sa dispersion. L'argile protège l'humus de l'action des micro-organismes en ralentissant sa minéralisation.

Le tout forme un colloïde qui permet de stabiliser un sol.

- Argile et humus sont reliés entre eux par des cations
- comme le  $\text{Ca}^{2+}$  et le  $\text{Fe}^{2+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$ . Tous les cations n'ont pas le même pouvoir flocculant :  $\text{Ca}^{2+} > \text{H}^{+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+} > \text{Na}^{+}$ .
- Ainsi, parce qu'il fixe les cations



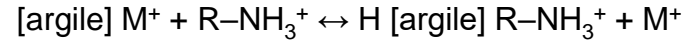
Le C.A.H est constitué de l'association de particules d'argile (aluminosilicates) et d'humus liés entre eux grâce à l'action des ions calcium.



#### 4.1.2. Types de liaison entre les particules argileuses et les substances humiques

Plusieurs types de liaison sont à l'origine de la formation des complexes argilo-humiques.

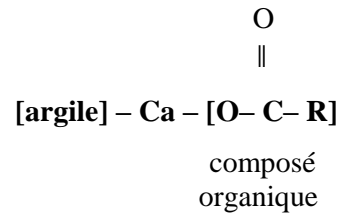
- liaisons électrostatiques : Ces liaisons sont dues aux échanges ioniques : un cation organique remplace un cation minéral fixé sur l'argile.



R représente un radical organique.

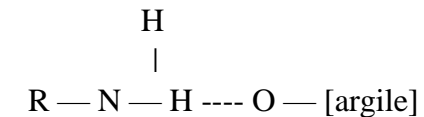
Ce type de liaison concerne également les liaisons par l'intermédiaire d'un pont constitué d'un métal polyvalent tel que  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$ .

Ce type de liaison concerne également les liaisons par l'intermédiaire d'un pont constitué d'un métal polyvalent tel que  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$ .



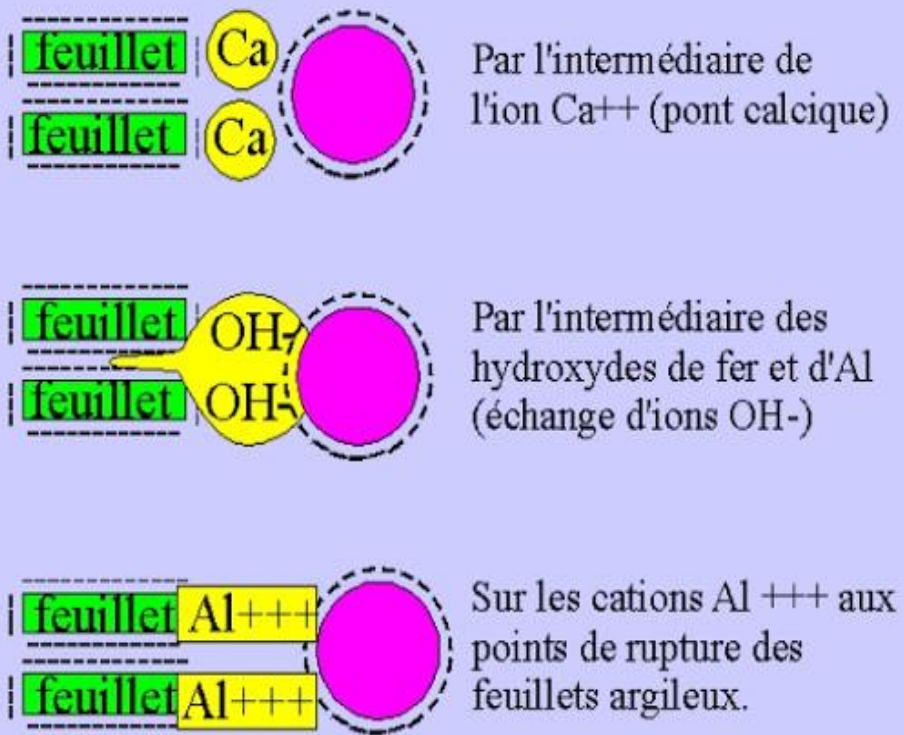
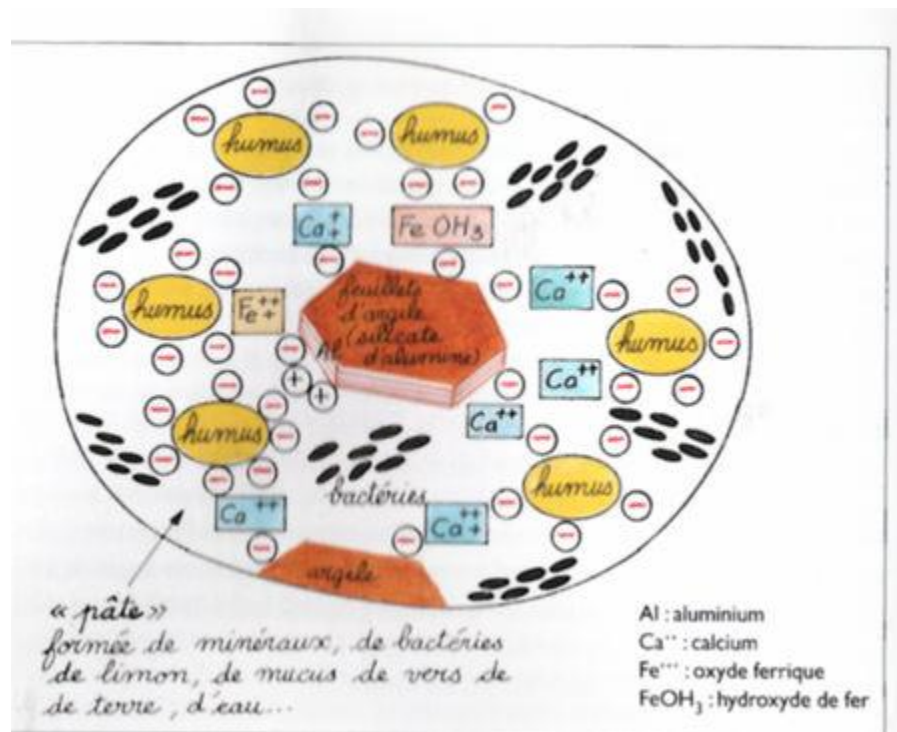
**-Liaisons covalentes** : Un ion métallique peut accepter plus d'une paire d'électrons et coordonner simultanément plusieurs donneurs. Le groupe qui se combine ainsi par covalence est un **ligand**

**- Liaison hydrogène** : L'ion hydrogène peut partager une paire d'électrons avec un atome possédant une paire d'électrons libres, par exemple, l'oxygène disposé en surface d'une particule argileuse.



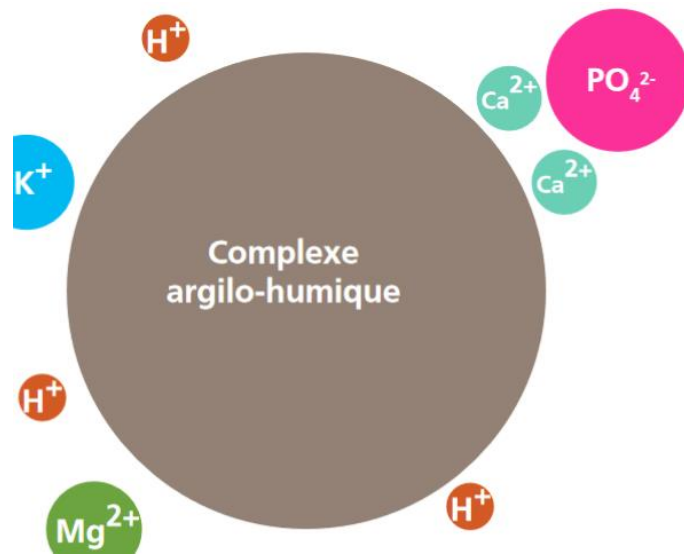
**-Liaisons de London-Van der Waals** : Ces liaisons résultent de forces attractives entre molécules non polaires, dues à la répartition aléatoire des électrons d'un atome : il en résulte un moment dipolaire instantané générateur de forces attractives.

**- Liaison par insertion interfoliaire** : Des composés organiques peuvent pénétrer dans les espaces interfoliaires de certains types d'argiles tels les smectites. Des acides aminés, des protéines, des acides fulviques peuvent ainsi être fixés.



# Le pouvoir adsorbant des colloïdes

- l'absorption est la rétention de composants à la surface d'autres composés sans liaison. le CAH, chargé négativement sur sa surface peut fixer les cations du sol (Figure 3).





# La Capacité d'Echange en Cations

- La Capacité d'Echange en Cations (CEC) est la quantité maximale de cations qu'un poids déterminé de sol peut retenir. Elle joue un rôle fondamental pour l'alimentation en éléments minéraux de la plante.

