

## **Chapitre I: Éléments constitutifs du sol**

### **Table des matières:**

1. Introduction
2. Éléments constitutifs du sol
  - 2.1. Constituants minéraux
  - 2.2. Constituants organiques
  - 2.3. Complexes colloïdaux
3. Conclusion

## 1. Introduction

Le sol est un milieu naturel essentiel à la vie des plantes, composé de plusieurs éléments qui interagissent entre eux. Il comprend principalement une fraction solide (minérale et organique), de l'eau et de l'air. L'équilibre entre ces constituants influence directement la fertilité du sol et la croissance des végétaux. Comprendre les éléments constitutifs du sol permet ainsi de mieux appréhender son fonctionnement et son rôle en agronomie.

## 2. Éléments constitutifs du sol

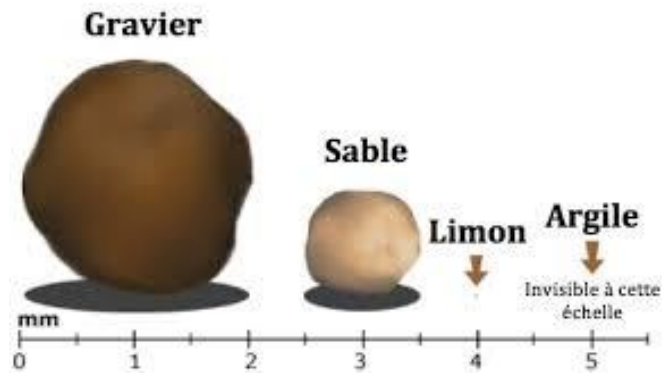
Un sol est composé de quatre grandes catégories d'éléments : les constituants minéraux, les constituants organiques, l'eau et l'air. Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur les trois premières catégories, en insistant sur les constituants minéraux, organiques et les complexes colloïdaux qui en découlent.

### 2.1 Les constituants minéraux

#### 2.1.1. Définition et origine

Les constituants minéraux représentent la fraction la plus abondante du sol, généralement entre 45 et 50 % de son volume. Ils proviennent principalement de l'altération physique et chimique de la roche mère. Sous l'effet de l'eau, des variations de température et des acides produits par les organismes vivants, la roche se fragmente progressivement en particules de plus en plus fines.

Ces particules sont classées selon leur taille (figure 1), ce que l'on appelle la **granulométrie**.



**Figure 1:** Classification des particules du sol en fonction de leur taille

### 2.1.2. Les trois fractions granulométriques

- **Les sables** (0,05 à 2 mm) : ce sont les particules les plus grossières. Ils confèrent au sol une texture légère, très perméable à l'eau et à l'air. Cependant, ils retiennent peu l'eau et les éléments nutritifs, ce qui limite leur fertilité.
- **Les limons** (0,002 à 0,05 mm) : de taille intermédiaire, les limons améliorent la rétention en eau et facilitent le travail du sol. Toutefois, ils sont sensibles à la battance (formation d'une croûte de surface sous l'effet des pluies) et à l'érosion.
- **Les argiles** (< 0,002 mm) : ce sont les particules les plus fines et les plus actives chimiquement. En raison de leur très petite taille, elles forment des surfaces spécifiques énormes, capables de retenir l'eau et les éléments minéraux nutritifs. Les argiles jouent un rôle fondamental dans la fertilité du sol.

La combinaison de ces trois fractions détermine la **texture du sol**, qui est l'une de ses caractéristiques fondamentales.

Pour déterminer la texture d'un sol, on se réfère au triangle des textures, un outil graphique qui permet de classer le sol en fonction des proportions de sable, de limon et d'argile qu'il contient. En reportant ces pourcentages sur le triangle (figure 2), on peut identifier la classe texturale du sol (sableux, limoneux, argileux, etc.). Cette

classification est importante car elle influence les propriétés du sol, notamment sa capacité de rétention en eau, son aération et sa fertilité.

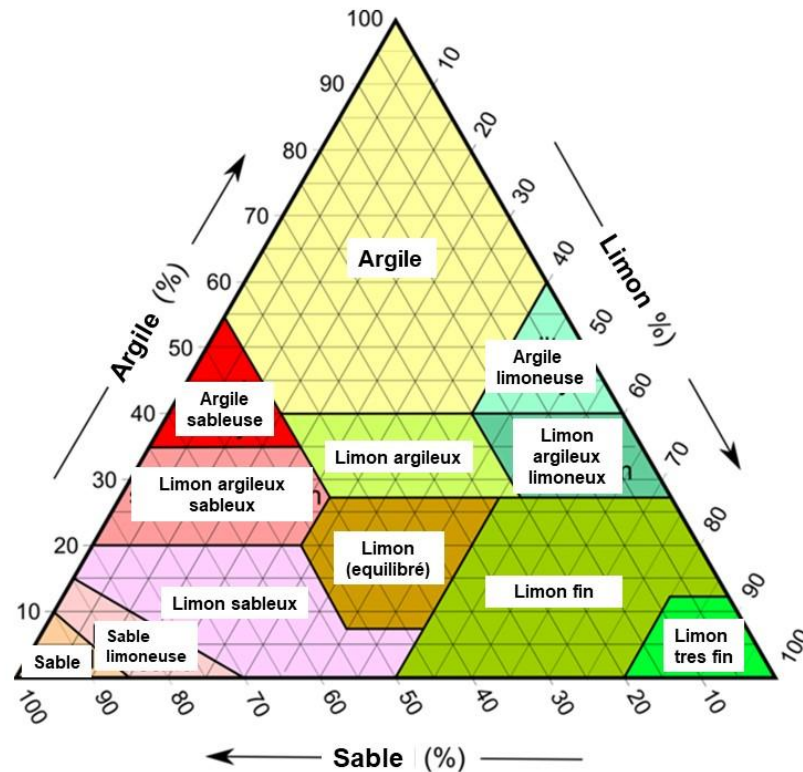


Figure 2: Triangle des textures du sol

### 2.1.3. Rôle des constituants minéraux

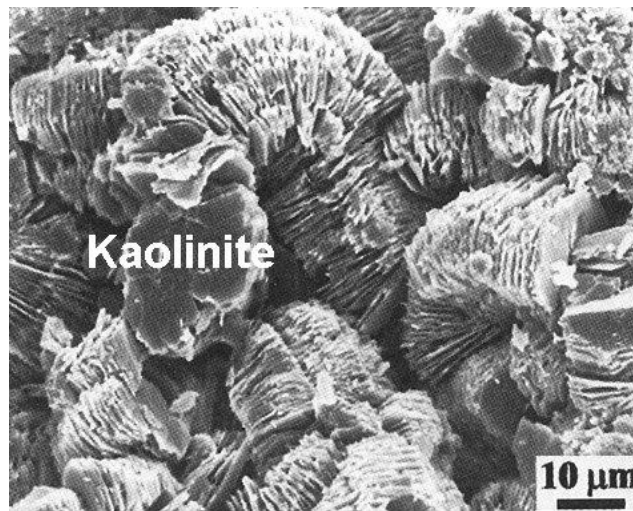
- Ils constituent le **squelette** du sol et conditionnent sa structure physique.
- Ils participent à la **libération des éléments nutritifs** (calcium, potassium, magnésium...) par altération continue.
- La fraction argileuse joue un rôle particulier dans la **rétention des nutriments et de l'eau**, comme nous le verrons dans la section sur les complexes colloïdaux.

#### 2.1.3.1. Les argiles :

L'argile ne se définit pas seulement par sa granulométrie (particules inférieures à 2 $\mu$ m), mais surtout par sa structure minéralogique complexe qui lui confère un rôle très important dans la fertilité et la structure des sols.

L'origine des argiles dans le sol s'explique par deux grandes voies issues de l'altération. D'une part, l'héritage correspond à des argiles provenant directement de la roche mère sans transformation chimique importante. D'autre part, la transformation et la néoformation : la transformation concerne la modification de minéraux comme les micas, par hydratation et perte de potassium ( $K^+$ ), tandis que la néoformation correspond à la formation de nouvelles argiles par cristallisation à partir des éléments dissous, notamment le silicium (Si) et l'aluminium (Al).

La majorité des argiles sont des **phyllosilicates**, caractérisés par une organisation en feuillets (figure 3).

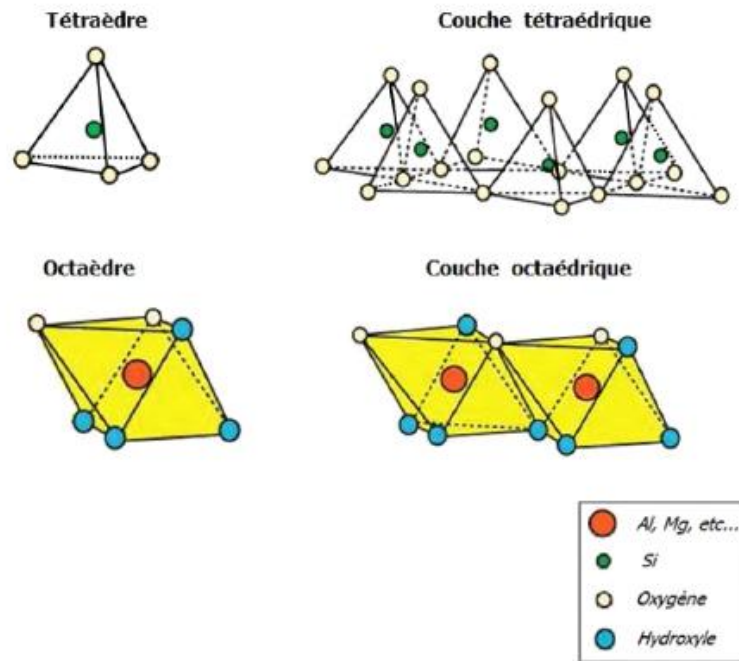


**Figure 3:** Organisation en feuillets des Argile, exemple de la Kaolinite

Ces feuillets résultent de l'assemblage de deux types de couches :

- ✓ **La couche tétraédrique (T)** : formée de silicium et d'oxygène ( $SiO_4$ ).
- ✓ **La couche octaédrique (O)** : formée d'aluminium ou de magnésium associé à des hydroxyles ( $Al(OH)_6$ ).

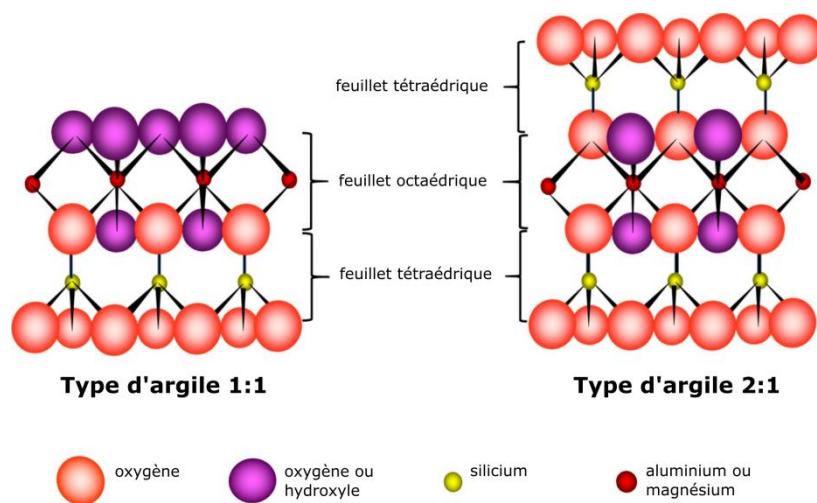
La figure ci dessous, illustre les deux types de couches de feuillets tétraédrique et octaédrique



**Figure 4 :** Représentation des tétraèdres et des octaèdres

On distingue les argiles selon l'empilement de ces couches, comme illustré dans la figure 5 :

- ✓ Type 1:1 (ou T:O) : Exemple de la Kaolinite. Les feuillets sont liés par des ponts hydrogène, empêchant l'eau de s'insérer (argile non gonflante).
- ✓ Type 2:1 (ou T:O:T) : Exemples de l'Illite, la Montmorillonite (Smectites) ou la Vermiculite. Ces structures permettent souvent une expansion du réseau.

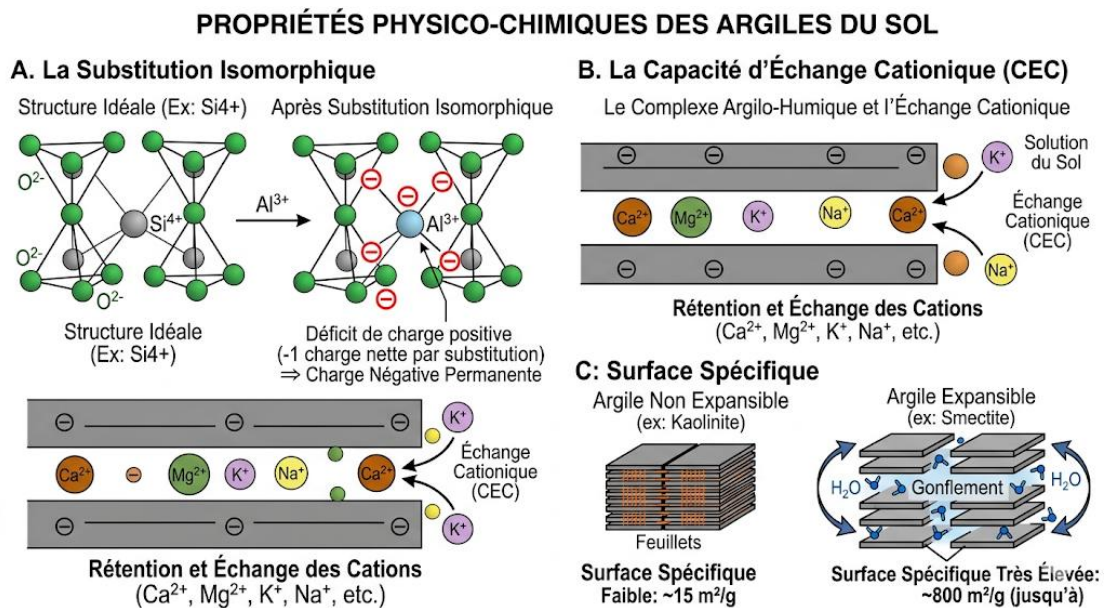


**Figure 5:** Schéma structural des phyllosilicates (comparaison entre: A structure 1:1; et B: structure 2:1)

Les argiles possèdent une charge globale négative, provenant principalement de la substitution isomorphique : un ion du réseau (ex:  $\text{Si}^{4+}$  est remplacé par un ion de valence inférieure (ex:  $\text{Al}^{3+}$ ) sans modification de la structure.

Grâce à cette charge négative, l'argile attire et retient des cations interchangeables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ).

Surface spécifique : plus l'argile est fine et expansible (smectites) (figure 6), plus sa surface de contact est grande (800  $\text{m}^2/\text{g}$  pour une smectite contre 15  $\text{m}^2/\text{g}$  pour une kaolinite).



**Figure 6 :** Propriétés physico-chimiques des Argile

## 2.2 Les constituants organiques

### 2.2.1. Définition et origine

Les constituants organiques regroupent l'ensemble des matières d'origine biologique présentes dans le sol. Ils proviennent de la décomposition des résidus végétaux (feuilles mortes, racines, pailles) et animaux (cadavres, excréments), ainsi que des micro-organismes eux-mêmes.

Bien qu'ils ne représentent qu'une faible proportion du volume total du sol (1 à 5 % en général), les matières organiques ont un impact considérable sur ses propriétés.

### 2.2.2. Transformation en humus

Une fois déposés dans le sol, les résidus organiques subissent deux processus complémentaires :

- La **minéralisation** : les micro-organismes dégradent la matière organique jusqu'à libérer des éléments minéraux simples (nitrates, phosphates...) directement assimilables par les plantes. C'est une source directe de fertilité.
- L'**humification** : une partie de la matière organique est transformée en **humus**, une substance stable, de couleur sombre, issue de la recombinaison des molécules organiques dégradées. L'humus est le résultat final de la décomposition biologique partielle de la matière organique.

### 2.2.3. Rôle des constituants organiques

Les matières organiques et l'humus jouent plusieurs rôles essentiels :

- **Amélioration de la structure du sol** : l'humus cimente les particules minérales entre elles, formant des agrégats stables qui rendent le sol meuble, aéré et résistant à l'érosion.
- **Réservoir de nutriments** : la minéralisation progressive libère de l'azote, du phosphore et du soufre dans des formes assimilables par les plantes.
- **Rétention de l'eau** : l'humus a une capacité d'absorption hydrique élevée, ce qui améliore la disponibilité en eau pour les plantes en période sèche.
- **Stimulation de l'activité biologique** : la matière organique est la principale source d'énergie pour les micro-organismes du sol, qui assurent à leur tour le recyclage des nutriments.

La figure 7 résume l'ensemble des transformations possibles de la matière organique dans le sol.

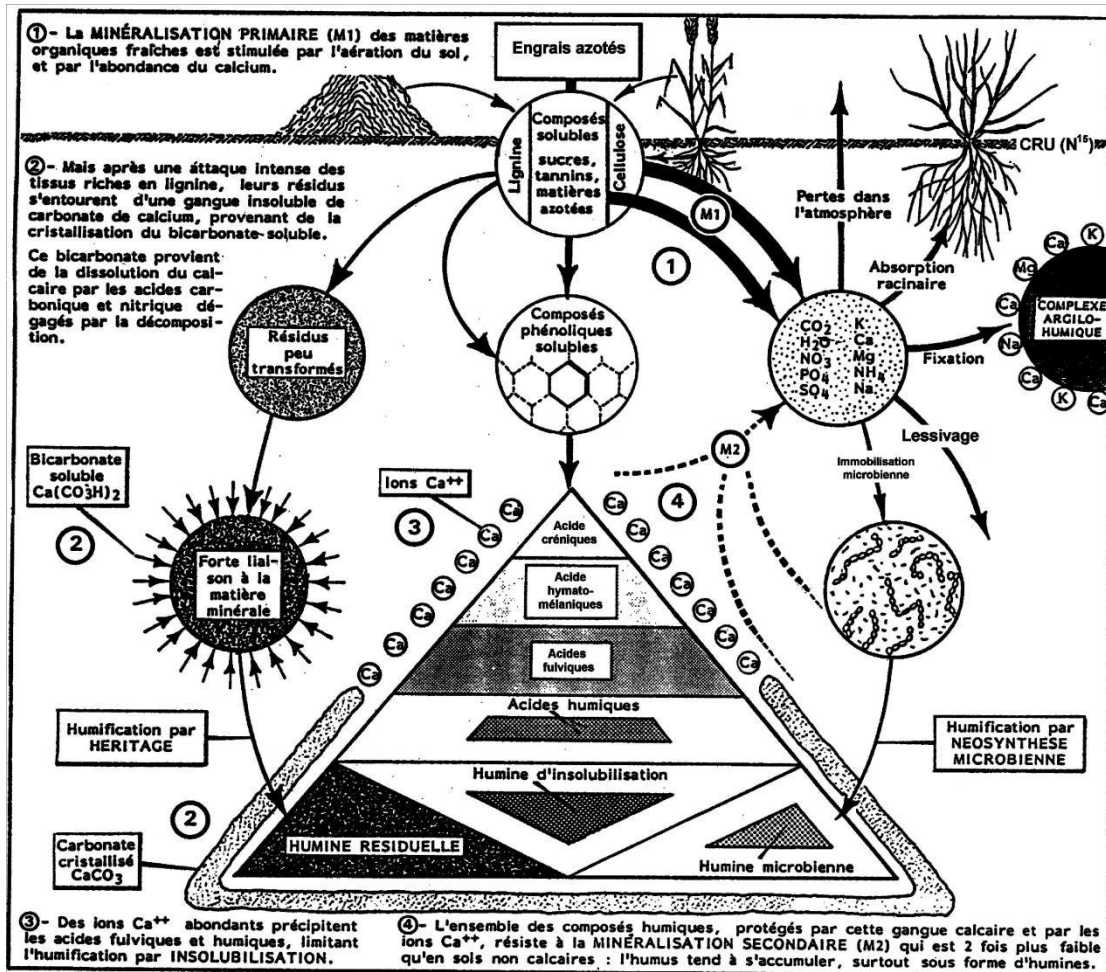


Figure 7: Évolution générale des matières organiques dans le sol

## 2.3 Les complexes colloïdaux

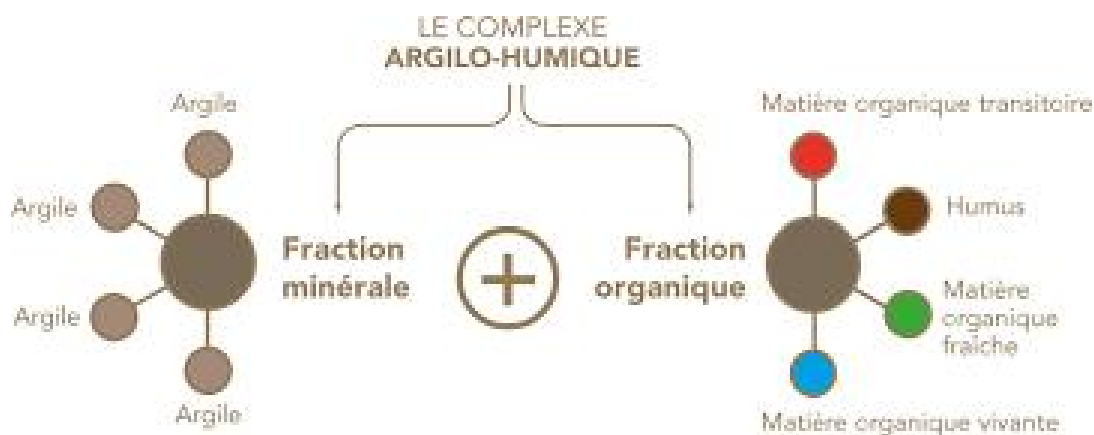
### 2.3.1. Définition

On appelle colloïdes les particules du sol dont la taille est inférieure à 2  $\mu\text{m}$  et qui, en raison de leur petitesse, ont des propriétés physico-chimiques particulières. Dans un sol, deux types de colloïdes coexistent : les argiles (colloïdes minéraux) et l'humus (colloïdes organiques).

### Le complexe argilo-humique

En s'associant, les particules d'argile et d'humus forment ce que l'on appelle le **complexe argilo-humique (CAH)** (figure 8). Cette association n'est pas un simple

mélange : les deux types de colloïdes se lient entre eux grâce à des ions bivalents comme le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), qui jouent le rôle de ponts de liaison.



**Figure 8** : Schéma représentatif du complexe argilo humique

Ce complexe est la clé de la fertilité chimique du sol. En effet, les surfaces des colloïdes sont chargées négativement, ce qui leur permet **d'attirer et de retenir les ions positifs** (cations) comme le calcium  $\text{Ca}^{2+}$ , le magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ , le potassium  $\text{K}^{+}$  ou encore l'ammonium  $\text{NH}_4^{+}$  \_ tous des éléments essentiels à la nutrition des plantes.

Cette propriété est appelée la **capacité d'échange cationique (CEC)**. Plus la CEC d'un sol est élevée, plus il est capable de stocker des éléments nutritifs et de les mettre à disposition des racines.

### 2.3.2. Rôle dans la fertilité du sol

Le complexe argilo-humique remplit trois fonctions fondamentales :

- **Stockage et libération des éléments nutritifs** : les cations retenus à la surface des colloïdes peuvent être échangés avec la solution du sol en fonction des besoins des plantes.
- **Rétention de l'eau** : les colloïdes ont une forte capacité à retenir les molécules d'eau, améliorant ainsi la disponibilité hydrique pour les plantes.

- **Stabilisation de la structure du sol** : le CAH favorise la formation d'agrégats stables, ce qui améliore la porosité, la circulation de l'air et la résistance à l'érosion.

Un sol riche en complexe argilo-humique est donc un sol fertile, bien structuré et résilient face aux aléas climatiques.

### **3. Conclusion**

Le sol est bien plus qu'un simple support pour les cultures. C'est un milieu vivant, structuré et en perpétuelle évolution, dont les propriétés résultent de l'interaction entre ses constituants minéraux, organiques et colloïdaux. Comprendre ces constituants, leur origine, leur nature et leurs rôles, est la première étape indispensable pour raisonner la gestion de la fertilité des sols. Dans les chapitres suivants, nous approfondirons les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, afin de mieux comprendre comment le gérer durablement en contexte agricole.