

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



**Filière :** Sciences Agronomiques

**Option :** science du sol

**Mémoire de fin d'études :**

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en science d'agronomie

**Thème :**

**Étude des propriétés chimiques des sols argileux**


**Présenté par :**

- BOUGUDAH Cherouk
- DJEBLI Mouna
- GRINE Narimene

**Membres de Jury:**

Mr : OUDJANE Faiza	(MCA)	<b>Président</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : HAMRAKROUHA Saida	(MAA)	<b>Examineur</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme : GHOUAR Wassila	(MAA)	<b>Promoteur</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda

**Année universitaire : 2021-2022**



## Remerciement

Avant tous nous remercions ALLAH tout puissant et Miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience D'accomplir notre étude.

Nous adressons nos sincères remerciement à nos chers Parents pour nous avoir donné leur soutien et leurs Encouragements pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur Madame **Ghouawar wassila** pour ses précieux conseils et son Aide dont il a su faire preuve malgré ses charges académiques et Professionnelles, ses orientations et ses encouragements durant Toute la période du travail.

Nous tenons à remercier sincèrement les membres du jury Qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail.

Afin de n'oublier personne, nos vifs remerciements S'adressent à tous ceux qui ont aidé à la réalisation de ce Mémoire.

Merci à vous tous

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire :*

*À mes chers parents **Bougudah Ahmed** et **Debizet Khadidja** pour leur amour inestimable , leur confiance , leur soutien , leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer . Les deux êtres qui me sont les plus chers dans ma vie pour leurs bontés , leurs générosités , leurs compréhensions , et leurs patiences face aux moments difficiles Nulle dédicace ne peut exprimer ma gratitude qui , si grande qu'elle puisse être .*

*À mon frère **Skandar** pour son soutien et ses encouragements .*

*À toute ma famille **Bougudah** et **Debizet** et **Aguebet Chems** .*

*À mes amies depuis toujours **Sara** , **Mouna** , **Aicha** et **Lamis** A tous mes proches d'où je tire un plaisir et une joie énergisante .*

*A tous les étudiants science du sol de la promotion 2021– 2022*

*A toute personne ayant directement ou indirectement contribué à la réalisation de ce travail .*

**chorouk**

## *dédicace*

*je dédie ce mémoire*

*À mes parents qui ont travaillé dur et travaillé dur pour faire tout leur possible pour poursuivre mes études jusqu'à ce que j'atteigne ce moment précieux, vous avez mon amour, mon respect et ma révérence sincères*

*Mon père **Aziz**, la lumière qui a illuminé mon chemin et la lampe qui ne s'est jamais éteinte, et qui s'est efforcé au fil des ans de gravir les échelons du succès*

*Ma mère **Battaz Wided**, qui m'a toujours accompagné avec ses prières bénies et ses paroles aimables, je dédie cette remise des diplômes du plus profond de mon cœur et de mon cœur bat pour vous deux avec remerciements et gratitude, la chose la plus précieuse de mon existence.*

*A mon mari **Ahmed**, qui me soutient depuis que je suis entrée chez lui, émotionnellement et financièrement, à mon très cher, premier fan et supporter.*

*A mon fils **Mazen***

*A ma sœurs **tassnime** et mon frère **alla rami***

*A toute la famille **djebli et battaz et tachi***

*A Toutes mes amies sans exception **nadjah, aicha, rofia, chorouk, et Sara***

*A toute personne ayant directement ou indirectement contribué à la réalisation de ce travail.*

***Mouna***

## *Dédicaces*

*Je tiens à dédier ce mémoire :*

*A ma très chère Mère **El-Hadba salsoul** et à mon cher Père **boumendjel grine** , en témoignage et en gratitude de Leurs dévouements, de leurs soutien permanent durant toutes mes années D'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconfort moral, eux qui ont consenti Tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce But.*

*A mes sœurs : **Ines, Hadjer** et **Ibtihel**, et mes frères : **Hamza, Aymen** et **Abd-essamed** pour leur tendresse et leurs encouragements.*

*A toute ma famille **Grine** et **Salsoul**.*

*A Toutes mes amies sans exception .*

*A tous les étudiants science du sol de la promotion 2021– 2022*

*A tous ceux qui par un mot m'ont donné la force.*

***Narimane***

## Sommaire :

### REMERCIEMENTS

Dédicaces

Liste des symboles et abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE ..... 1

### **CHAPITRE I: Le sol ses phases et constituants**

I.1. Introduction..... 2

I.1. Définition du sol ..... 2

I.1.2. Diverse phase du sol ..... 3

I.1.2.1. Phase liquide du sol ..... 3

I.1.2.2. Phase gazeuse du sol ..... 3

I.1.2.3. Phase solide du sol ..... 4

I.1.2.3.1. Eléments grossiers ..... 4

I.1.2.3.2. Terre fine ..... 4

I.1.3. Fractions constitutives du sol ..... 4

I.1.3.1. Fractions minérales ..... 5

I.1.3.2. Fractions organiques ..... 5

I.1.4. Différents horizons d'un sol..... 6

### **CHAPITRE II : Minéralogie et types d'argiles**

II.1. Introduction ..... 8

II.2. Minéralogie des sols argileux ..... 8

II.2.1. Les minéraux ..... 8

II.2.2. Les argiles..... 9

II.2.2.1. Définition des argiles ..... 9

II.2.2.2. Structure minéralogique des argiles ..... 10

II.2.2.3. Classification des minéraux argileux..... 14

II.2.2.3.1. Classification selon l'**AIPEA** ..... **16**

II.2.2.3.2. Classification selon la couleur ..... 17

II.2.3. Les type des argiles ..... 18

II.2.3.1. La Kaolinite (type de feuillet T-O) ..... 18

II.2.3.2. L'illite (type de feuillet T-O-T) .....	19
II.2.3.3. Les Smectites .....	20
II.2.3.4. Chlorites.....	21
II.2.3.5. Vermiculites.....	22

### **CHAPITRE III: Les propriétés chimiques du sol**

III.1. Les propriétés chimiques du sol .....	23
III.1.1. le pH .....	23
III.1.2. le calcaire totale.....	24
III.1.3. le gypse du sol .....	26
III.1.4 la salinité .....	26
III.1.5 la capacité d'échange cationique (CEC) .....	28
III.1.6. la conductivité électrique (CE) .....	29
III.1.7.l'azote totale(N.....	30
III.1.8. le phosphore(p .....	32
III.2.la fertilité chimiques.....	36
III.3. Les propriétés chimiques des sols argileux .....	36
Conclusion générale .....	37
Référence bibliographique .....	38

Résumé

## **Liste des abréviations**

MO : Matière organique

AIPEA : Association Internationale Pour l'étude des Argiles

PH : la potentielle hydrogène

CEC : la capacité d'échange cationique

CE : la conductivité électrique

% : pourcentage

°C : degrés celsius

Pf : point de flétrissement

N : azote

P : phosphore



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure N°1</b> :Argile (CRSTRA, 2020). .....	<b>10</b>
<b>FigureN° 2</b> :Structure en feuillets des argiles observées microscope électronique à balayage. (Source : Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)).....	11
<b>FigureN°3</b> : Représentation Schématisation d'un feuillet, couche (Hakkoum, 2010).....	11
<b>Figure N°4</b> : représentation la structure minéralogique des argiles (Choufa ,2013).....	12
<b>Figure N°5</b> : Représentation le plan de la couche tétraédrique de silicate (Si) (Mathieu, 2008). .....	12
<b>Figure N°6</b> : Représentation le plan de la couche octaédrique d'aluminium (Al <sup>+3</sup> ) ou magnésium (Mg <sup>+3</sup> ). (Mathieu, 2008). .....	13
<b>Figure N°7</b> : Représentation de la structure <i>minéralogique d'une particule</i> d'argile ( <i>Holtz et Gibbs, 1991</i> ). .....	14
<b>Figure N°8</b> : Feuillet de type 2:1(Jozja, 2003).....	15
<b>Figure N° 9</b> : Classification d'argile selon la couleur (argile-verte.info, 2020). .....	18
<b>Figure N°10</b> : (A) Structure de la Kaolinite (El Hachmi, 2013), (B) Photo SEM de kaolinite (Wei et <i>al.</i> , 2013; Wei, 2014). .....	19
<b>Figure N°11</b> : (A) Structure de l'illite (El Hachmi, 2013), (B) Photomicrographie électronique de l'argile Illite (Bajare, 2014). .....	20
<b>Figure N°12</b> : (A) Structure d'une smectite (Pedro, 1994),(B) Photo SEM de Montmorillonite (Wei et <i>al.</i> , 2013; Wei, 2014). .....	20
<b>Figure N°13</b> : Représentation la structure de La montmorillonite (Morel. 1996). .....	21
<b>Figure N°14</b> :(A) Structure de chlorite (El Hachmi, 2013) ,(B) Photo micrographie électronique de chlorite (Morel, 1996). .....	21

## **LISES DES TABLEAUX**

<b>Tableau N° 1:</b> Classification des principaux groupes de minéraux argileux et de leurs espèces (Benguella, 2009).....	16
<b>Tableau N°2:</b> Classification des phyllo silicates (D'après Caillère et Hénin, 1959, complété par Mitchell, 1993). .....	17
<b>Tableaux N°3:</b> classification des sol selon le pourcentage en carbone de calcium .....	25
<b>Tableau N°4 :</b> les valeurs des CEC pour quelques minéraux argileux .....	28
<b>Tableau N°5 :</b> Echelle de salinité du sol .....	30

# **Introduction générale**

### INTRODUCTION

Les sols sont des systèmes multiphasiques complexes et hétérogènes, composés d'air, d'eau et de solide (sable, limon, argile, matière organique, nutriments, ...etc.). En outre, les sols sont des médias ouverts et dynamiques, échangeant de la matière et de l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère (Sposito, 1997).

Le sol est un système à trois phases; solide, liquide, et gazeux, ces propriétés physiques sont celles qui résultent des rapports entre l'élément solides et les fluides (air et eau) capable de mieux diffuser: la phase solide dont la proportion exerce généralement entre 45 et 65% celle volume occupés par les phases liquide et gazeuse sont très variable (Chamayou, 1989).

Les propriétés physico-chimiques des argiles jouent un rôle fondamental dans les processus intervenant dans les sols. Ces propriétés résultent à la fois des caractéristiques intrinsèques aux argiles (composition chimique, structure et morphologie) et des conditions physico-chimiques dans lesquelles elles se trouvent (Flogeac, 2004).

L'objectif de cette étude, est de présenter les différentes propriétés chimiques des sols argileux.

Notre travail contient les parties suivantes:

Chapitre 1 : généralité sur les sols.

Chapitre 2 : minéralogie et types d'argiles.

Chapitre 3 : les propriétés chimiques du sol.

# ***CHAPITRE I***

## *Généralité sur les sols*

## I. INTRODUCTION

Le sol est la partie la plus superficielle de l'écorce terrestre, à l'interface entre géosphère, biosphère et atmosphère, car en effet il possède des constituants minéraux, venant de l'altération de la roche mère, des constituants organiques, venus de la décomposition d'être vivants, et des constituants gazeux circulant dans ses interstices (Girarde et *al*, 2011).

Les sols sont des systèmes multiphasiques complexes; composés d'air, d'eau et de solide, hétérogènes du point de vue taille des particules; sable, limon et argile, matière organique, nutriments,...etc. En outre, les sols sont des médias ouverts et dynamiques, échangeant de la matière et de l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère (Sposito, 1997). Selon Nortcliff (2002) les sols doivent accomplir les cinq fonctions de base suivant :

Offrir un habitat physique, chimique et biologique pour les organismes vivants ; Réguler les flux d'eau, le stockage et le recyclage des cycles des nutriments et d'autres éléments ; Maintenir les activités et diversités biologiques pour subvenir à la croissance des plantes et la productivité des animaux ; Filtrer, tamponner, transformer, immobiliser et détoxifier des substances organiques et inorganiques ; Fournir un support mécanique aux organismes vivants et à leurs structures.

### I.1. Définition du sol

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes (Legros, 2007). Qui est dénommée couverture pédologique, est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques (Duchaufour, 1984 ; Boulaine, 1989):

- La roche-mère sur laquelle s'est développé.
- Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation.

## I.2. Diverses phases du sol

### I.2.1. Phase liquide du sol

La phase liquide du sol est souvent désignée par le terme « solution du sol », occupe Une partie plus ou moins importante de la porosité du sol, est constituée d'eau où se trouvent diverses substances organiques et minérales dissoutes et des particules en suspension (Soltner, 2005)

La composition de la solution du sol varie selon :

- Le climat
- Les apports anthropiques (fertilisants, produits de traitement Phytosanitaire... etc.)
- L'activité biologique du sol (exsudats racinaires, produits de synthèse et de dégradation microbienne ...etc.).

### I.2.2. Phase gazeuse du sol

Dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans l'atmosphère du sol sont :

- L'azote (78 à 80%)
- L'oxygène (18 à 20%)
- Le dioxyde de carbone (0,2 à 3%)

D'autres molécules gazeuses d'origine anthropique telles que les pesticides ou les HAP peuvent également être détectées dans l'atmosphère du sol. Ces gaz peuvent exister dans Le sol :

- Soit à l'état libre ;
- Soit dissous dans la solution du sol.

Cependant, dans certaines conditions (d'hydro-morphie par exemple), la phase gazeuse peut être absente ; tout l'espace poral du sol est alors occupé par l'eau et le sol est dit Saturé ( Duchaufour, 1984 ; Hillel, 1982 ; Calvet, 2003)

### I.2.3. Phase solide du sol

La phase solide du sol est en général majoritairement minérale qui comprend :

#### I.2.3.1. Éléments grossiers

Ce sont les éléments  $> 2\text{mm}$  et on les classe par dimensions :

- 0,2 cm à 2 cm : graviers ;
- 2 à 5 cm : cailloux ;
- 5 à 20 cm : pierres ;
- $> 20$  cm : blocs.

Leur expression se fait en pourcentage, qu'on donne sur le terrain en fonction du volume et en laboratoire en fonction de la masse (sur un échantillon de sol, au laboratoire, on estime le pourcentage après passage au tamis de 2mm). (Calvet, R. 2003).

#### I.1.2.3.2. Terre fine

La terre fine est la fraction de terre qu'il reste lorsqu'on retire les éléments grossiers (donc  $< 2$  mm, au tamis). On peut classer les éléments de la terre fine par dimensions :

- 2mm à 0,2 mm : sable grossiers ;
- 0,2 mm à 50  $\mu\text{m}$  : sable fins ;
- 50  $\mu\text{m}$  à 20  $\mu\text{m}$  : limons grossiers ;
- 20  $\mu$  à 2  $\mu$  : limons fins ;
- $< 2$   $\mu$  : argiles.

Elle comprend aussi une fraction organique dont le taux varie selon le type de sol et les conditions de pédogenèse. Les sols cultivés présentent des taux de matière organique compris dans une gamme allant de moins de 1% à 20% de la masse du sol (Calvet, R. 2003).

### I.1.3. Fractions constitutives du sol

Le sol contient deux fractions intervenant principalement dans la sorption des polluants à savoir les fractions organiques et minérales.



### I.1.3.1. Fractions minérales

Il existe trois catégories majoritaires dans le sol :

- Les silicates sont des oxydes de silice qui ont des structures très diverses (unités isolées (olivine  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2 [\text{SiO}_4]$ ) ; Chaîne (pyroxène  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_3)_2$ ) ; Feuillet (smectite) et sont souvent associés à des cations métalliques tels que l'aluminium, le fer ou le magnésium.
- Les oxydes, oxy-hydroxydes et hydroxydes les plus importants et les très abondants dans les sols sont :

La gibbsite (oxyde d'aluminium  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), La goethite et l'hématite (oxydes de fer  $(\text{FeOOH}), (\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ), la birnessite et la lithiophorite (oxydes de manganèse).

- Les carbonates les plus abondants sont les carbonates de calcium (Calcite) et les carbonates de magnésium (Dolomite  $(\text{Ca}, \text{Mg}) (\text{CO}_3)_2$ ).

Ceux-ci peuvent Co-précipiter avec d'autres métaux (exemple : calcite magnésienne) Ou former un revêtement sur d'autres minéraux (coating) en changeant ainsi leurs propriétés de surfaces (Sposito, G. 2008) .

### I.1.3.2. Fractions organiques

En ce qui concerne la matière organique ou phase organique du sol, elle correspond à tout ce qui est constitué de carbone organique, qu'il soit vivant ou non vivant (insectes, plantes, humus, microorganismes...etc.).

L'humus est un terme qui regroupe l'ensemble de la matière organique non vivante du sol et qui peut être classé en deux catégories :

- Substances non humiques correspondent à la fraction de matière organique dont les caractéristiques bio physicochimiques sont reconnaissables (exemple : les hydrates de carbone, les protéines, les Acides aminés, les lipides,...etc.).
- Substances humiques sont issues de la transformation chimique ou biologique (altération, polymérisation,...etc.) de la matière organique du sol (Pansu, M. et Gautheyrou, J. 2001).

#### I.1.4. Différents horizons d'un sol

Un sol est une pellicule d'altération recouvrant une roche, il est formé d'une fraction minérale et de matières organiques (l'humus). Les processus d'altération, d'humidification et de différenciation aboutissent à l'apparition de couches superposées plus ou moins distinctes et différentes selon la texture, la structure et la composition chimique.

Ces différentes couches correspondent aux horizons dont l'ensemble constitue le profil du sol.

Ces horizons peuvent être déclinés en différents sous horizons en fonction du type de sols rencontrés. On distingue quatre horizons majeurs : ( Baize D. Et Jabiol B .1995)

**\*L'horizon A :** est un horizon majeur occupant la partie supérieure du profil (0-30 cm) et présentant une quantité importante de matière organique et une faible quantité en argile, fer et aluminium. Cette matière organique provient des plantes en phase de décomposition.

**\*L'horizon S :** situé au-dessous de A (50-90 cm) est le lieu d'altération des minéraux primaires, de libération d'oxyhydroxydes de fer, de décarbonatation, etc.

**\*L'horizon B :** est situé au-dessous de S (90-150 cm), il est caractérisé par des teneurs en argile, fer et humus plus élevées que les horizons A, S et C. Cet enrichissement peut être du soit à des transformations des minéraux préexistants, soit à des apports illuviaux.

La matière organique présente dans cet horizon est plus âgée et provient de l'horizon supérieur (A). Elle est adsorbée sur les argiles et les oxydes de fer et d'aluminium.

Enfin **l'horizon C :** situé au-dessous de B (en dessous de 150 cm) est un horizon minéral avec une faible teneur en matière organique.

Les facteurs de différenciation de la couverture pédologique sont :

- Les formations superficielles,
- Le matériau dans lesquels la pédogenèse se développe,
- Le relief,
- La géomorphologie,
- La végétation,

- La faune,
- Les diverses activités humaines,
- L'énergie apportée au système par le soleil (chaleur),
- La terre (la gravité),

Mais aussi par la biologie (végétation, faune) et enfin la durée d'évolution. Les effets du climat constituent un facteur de différenciation important sur la structure des différents sols. En effet, en fonction des températures et de l'humidité on verra apparaître des sols différents :

- Créosols (zones froides),
- Ferralsols (zones chaudes).

Elle contient aussi des quantités en protéines et des fragments d'hydrates de carbone, des composés aminés, phénoliques ou aromatiques issus de l'activité biologique.

# ***CHAPITRE II***

## *Minéralogie et types d'argiles*

## II-1.Introduction

L'argile est une matière première utilisée depuis la haute antiquité. L'abondance naturelle et la disponibilité immédiate des argiles expliquent leurs grandes utilisations à travers les temps. Au début du 18<sup>ème</sup> siècle, le concept d'argile a été évalué à partir des premières analyses chimiques réalisées sur le Kaolin ; c'est juste au 20<sup>ème</sup> siècle et grâce aux travaux effectués en diffraction de rayons X et en granulométrie que les chercheurs ont pu donner la définition correcte de l'argile. De nos jours l'utilisation des argiles, notamment celles qui sont riches en  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$ , grâce à leurs propriétés, les argiles sont utilisables pour différentes applications. Outre la fabrication de matériaux de construction, elles sont utilisées, à titre d'exemple, pour l'élaboration de matériaux polymères ou encore le raffinage d'huile alimentaire, la cosmétique ou la médecine, dans l'industrie pharmaceutique et dans la poterie,... (Mohamed,2007).

Ce chapitre consacré à la présentation d'étude bibliographique sur les argiles, des notions essentielles sur les minéraux argileux où nous décrirons les propriétés structurales, morphologique et les principes familles d'argile.

## II-2. Minéralogie des sols argileux

### II.2.1. Les minéraux

Les sols sont constitués de particules de minéraux regroupées en agrégats. Ces minéraux sont stables ou en train d'évoluer dans les conditions thermo barométriques et climatiques de la surface de la terre. Généralement y sont rencontrés(Nicolas, 2005):

- \* Le quartz.
  - \*Les argiles.
  - \* Les feldspaths (potassiques et plagioclases).
  - \* Les micas.
  - \* Les carbonates (calcite et dolomite).
  - \* Les oxydes et hydroxydes métalliques dont l'hématite, la goethite et la limonite pour le fer.
- Ces minéraux se présentent généralement dans les sols sous forme :(Nicolas, 2005).
- \* De grains polygonaux plus ou moins réguliers dont la taille se situe entre quelques microns et quelques millimètres.

\*De lamelles pour les argiles dont la plus grande dimension ne dépasse pas quelques microns.

\* D'agrégats correspondant à des fragments de roches. Leurs formes résultent de la morphologie des minéraux les constituants.

Les propriétés physiques et mécaniques du sol dépendent de la nature des assemblages minéraux. Ainsi les minéraux granulaires (quartz, carbonates) n'ont pas de cohésion propre. Seules les argiles présentent une cohésion, qui résulte d'interactions spécifiques avec l'eau. (Nicolas, 2005).

## **II.2.2. Les argiles**

### **II.2.2.1. Définition des argiles**

Le mot argile a deux définitions dans le jargon géologique. La première définit Le terme « Argile » Introduit tout d'abord par les géologues et les pédologues (les spécialistes de la science des sols) pour caractériser les particules élémentaires dont le diamètre des grains est inférieur à 2 micromètre ( $<2\mu\text{m}$ ) il recouvre toutes les petites particules formées par les processus d'érosion ou d'altération des roches et ce, quelle que soit sa nature minéralogique. Pour la deuxième, c'est un minéral (plus exactement une famille de minéraux) de la famille des silicates plus précisément des phyllosilicates (silicates en feuillets) (en général plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée, capacité plastique, ou bien une structure fibreuse, capacité d'absorption). Il est généralement issu de l'altération par l'eau des autres silicates (provenant en général de l'altération de silicates à charpente tridimensionnelle, tels que les feldspaths). C'est pour cette raison qu'on les trouve systématiquement dans lessols et les formations superficielles, on les trouve aussi très fréquemment dans les roches sédimentaires naturelles à base de silicates ou d'aluminosilicates hydratés de structure lamellaire. Mélangée à un autre minéral comme la calcite, elle formera la marne. Si l'argile est seule présente on désignera la roche sous le nom d'argilite. Souvent les deux définitions se rejoignent. (Berrah, 2017).



Figure N°1 :Argile (CRSTRA, 2020).

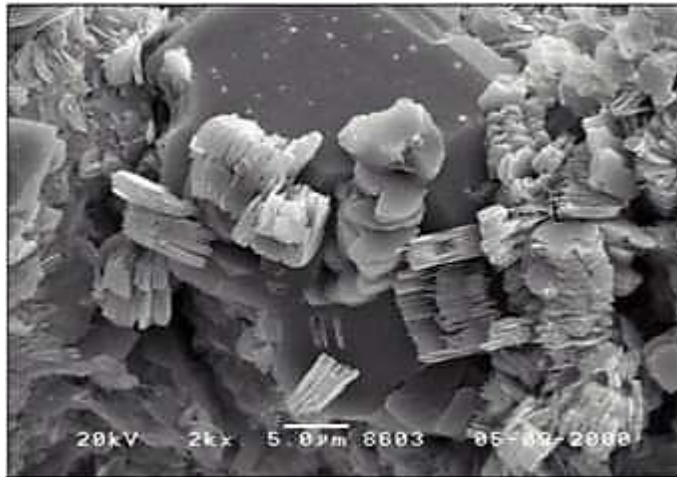
### II.2.2.2. Structure minéralogique des argiles

#### -Minéraux argileux

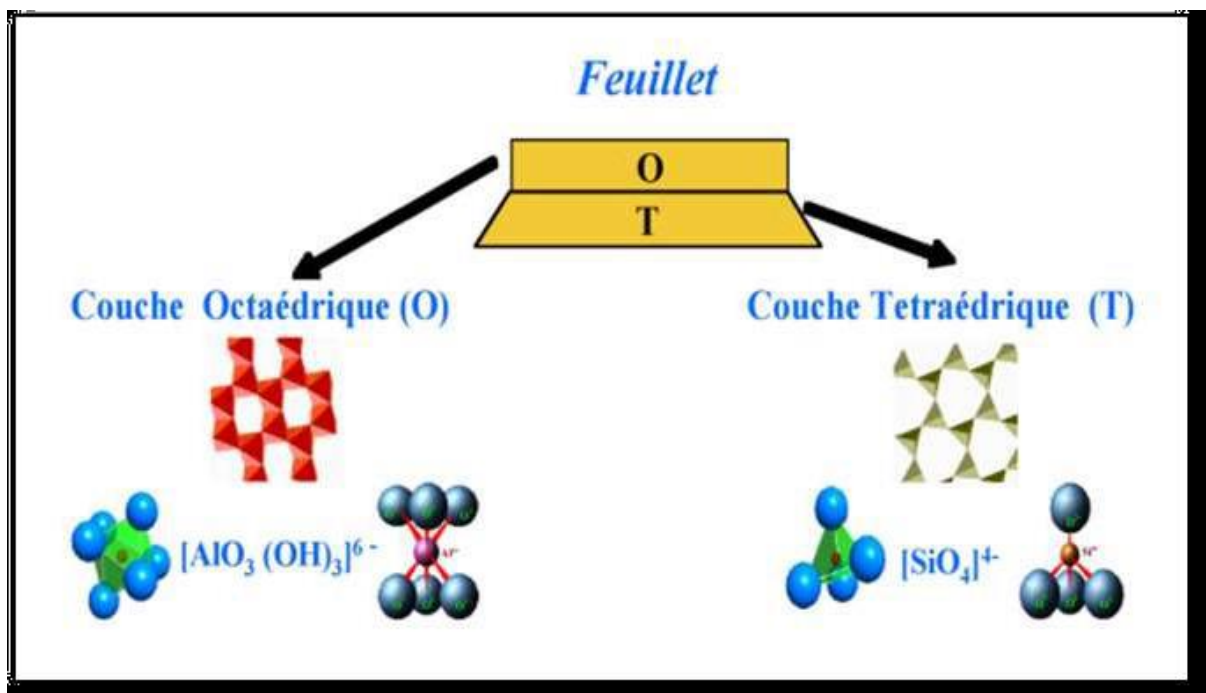
Les minéraux argileux sont généralement de silicates d'aluminium mais parfois de silicates de magnésium dont la structure feuilletée permet de les ranger dans la famille de phyllosilicate (Choufa,2013).

La figure N°3 explicite la terminologie utilisée pour définir la structure des argiles. On distingue quatre niveaux d'organisation :

- \* **Les plans** : sont constitués par les atomes.
- \***Les couches** : association de deux plans d'atomes d'oxygène et/ou d'hydroxyle formant des couches de tétraèdre ou des couches d'octaèdre.
- \***Les feuillets** : correspondent à des combinaisons des couches.
- \* **L'espace inter foliaire** : c'est le vide séparant deux feuillets de même structure, il peut être occupé par des cations (éventuellement hydratés).
- \* **Le cristal** : résulte de l'empilement de plusieurs couches (Choufa,2013).



**FigureN° 2 :** Structure en feuillets des argiles observées microscope électronique à balayage.  
(Source : Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)).



**FigureN°3 :** Représentation Schématisation d'un feuillet, couche (Hakkoum, 2010).



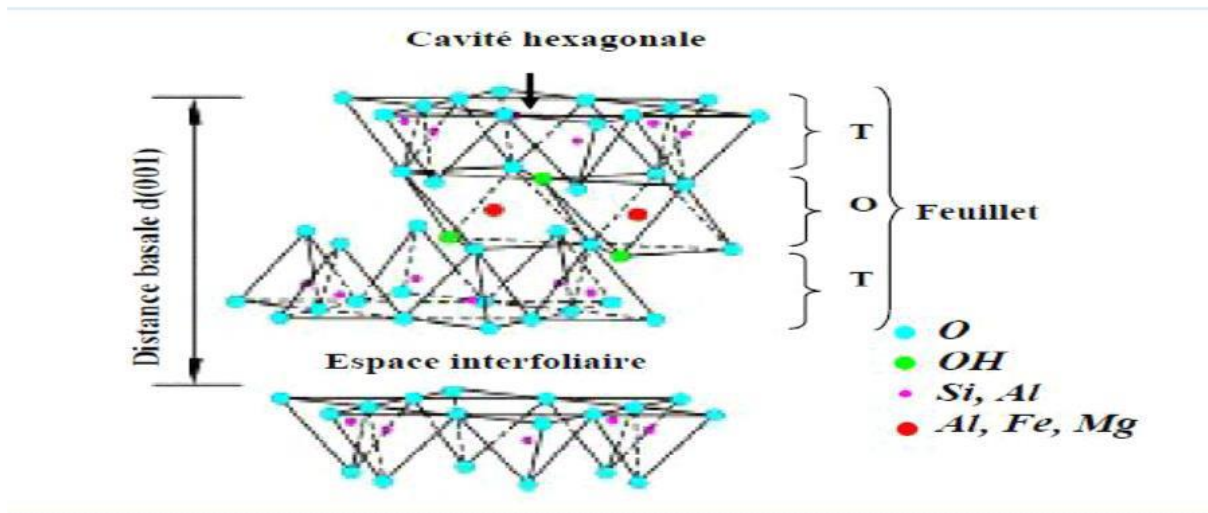


Figure N°4: représentation la structure minéralogique des argiles (Choufa ,2013)

**- La couche du tétraèdre de silice**

Dans l'élément tétraédrique, l'ion central est la silice (S+4) qui est entouré par 4 Ions d'oxygène (O-2) (figureN°5). Les tétraèdres sont liés ensemble par leurs bases en Partageant union d'oxygène entre deux tétraèdres pour former une couche tétraédrique. La Formule générale de cet ensemble est  $[(Si_2O_5)^{-2}]$ . (Chouffa, 2013).

Le plan de tétraèdres, noté T, est composé de tétraèdres d'atomes d'oxygène autour de chaque atome noté Z (Mathieu, 2008).

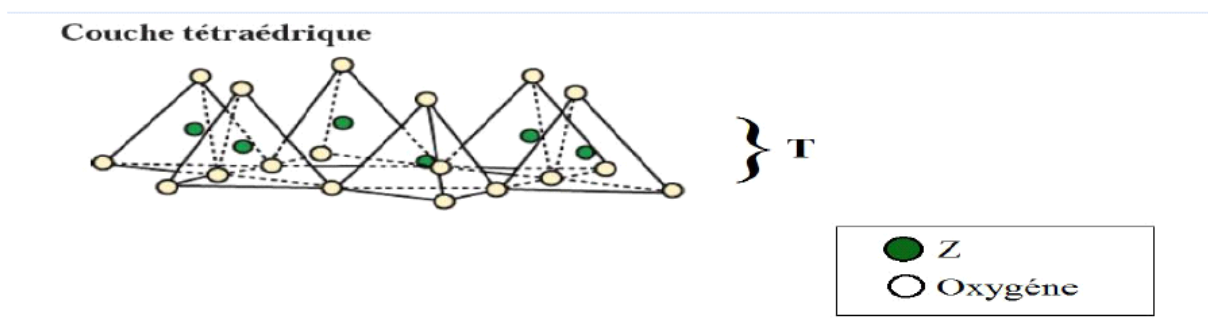


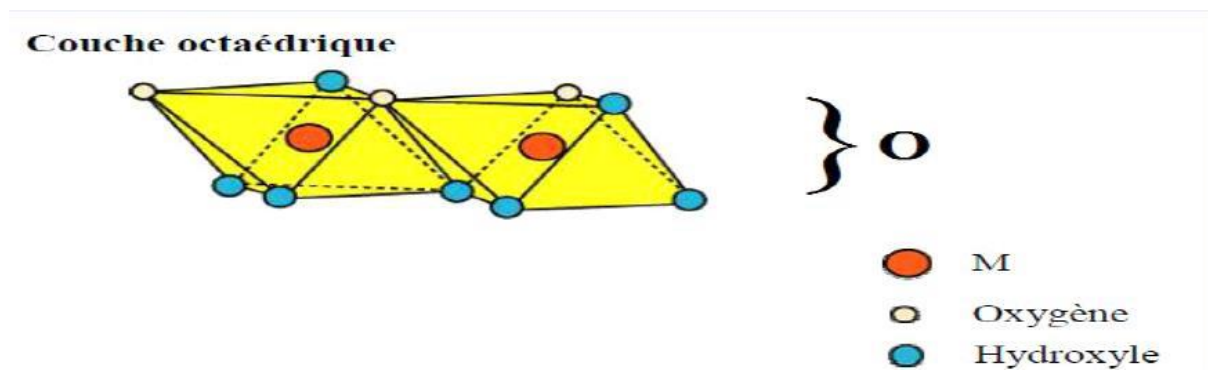
Figure N°5: Représentation le plan de la couche tétraédrique de silicate (Si) (Mathieu, 2008).

### -La couche d'octaèdre d'aluminium

Dans l'élément octaédrique, l'ion central est soit un ion d'aluminium ( $Al^{+3}$ ), soit un Ion de magnésium ( $Mg^{+2}$ ). Ces derniers sont entourés par six ions d'hydroxyde ( $OH^-$ ) (Figure N°6).

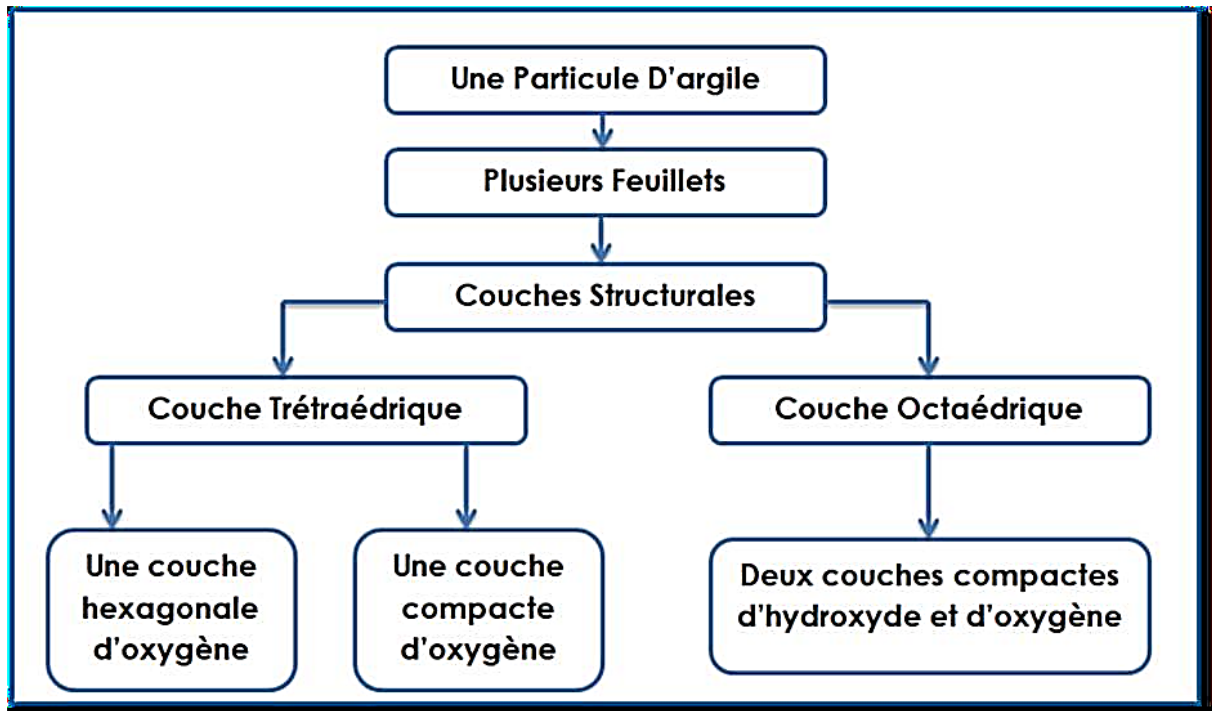
Les unités octaédriques sont liées ensemble de telle sorte que chaque groupement Fonctionnel ( $OH^-$ ) est partagé entre 3 unités octaédriques. (Choufa ,2013).

Le plan d'octaèdres, noté **O** : est formé par des atomes d'oxygène et des groupements hydroxyles autour de chaque atome noté M. (Mathieu, 2008).



**Figure N°6:** Représentation le plan de la couche octaédrique d'aluminium ( $Al^{+3}$ ) ou magnésium ( $Mg^{+2}$ ). (Mathieu, 2008).

La représentation de la structure minéralogique d'une particule d'argile est donnée par l'organigramme suivant (Figure N°7) :



**Figure N°7 :** Représentation de la structure *minéralogique d'une particule* d'argile  
(Holtz, et Gibbs, 1991).

### II.2.2.3. Classification des minéraux argileux

La classification des minéraux argileux est généralement basée sur les critères suivants (Jozja, 2003) :

- Type de feuillet.
- Charge globale du feuillet.
- Nature des cations interfoliaires.

Quelques critères secondaires sont le polytypisme (ou mode d'empilement), la composition chimique, le type d'espèces argileuses et le mode d'empilement pour les espèces interstratifiées régulières ou désordonnées (Eslinger, 1988 ; Liebau, 1985).

Il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est basée sur l'épaisseur et la structure du feuillet. On distingue ainsi 4 groupes (Jozja, 2003).

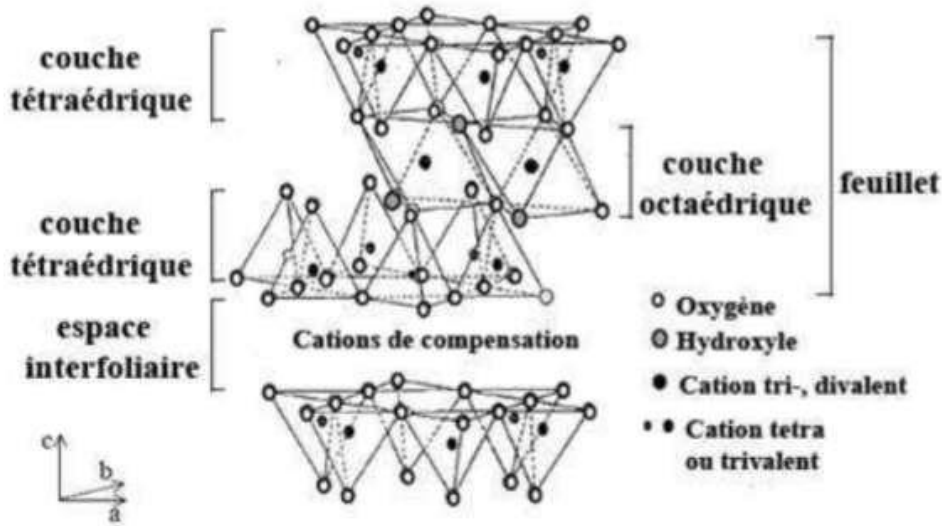
#### **a. Minéraux à 7 Å:**

Le feuillet est constitué d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique. Il est qualifié de T:O ou de type 1:1. Son épaisseur est d'environ 7 Å, correspondent au groupe de la kaolinite.

**b. Minéraux à 10 Å:**

Le feuillet est constitué de deux couches tétraédriques et d'une couche octaédrique. Il est qualifié de T:O:T ou de type 2:1. Son épaisseur est d'environ 10 Å.

On distingue deux grandes familles pour ce type de minéraux à savoir l'illite et les smectites.



**Figure N°8:** Feuillet de type 2:1 (Jozja, 2003)

**c. Minéraux à 14 Å:**

Le feuillet est constitué de l'alternance de feuillets T:O:T et de couches octaédrique interfoliaires.

Son épaisseur est d'environ 14 Å. A ce type de minéraux appartient la famille chlorite.

**d. Minéraux interstratifiés:**

L'épaisseur du feuillet est variable. Ces minéraux résultent du mélange régulier ou irrégulier d'argiles appartenant aux groupes ci-dessus. La valeur de la charge permanente du feuillet a servi de critère pour établir une classification des phyllosilicates 2:1 (T:O:T) (Tableau *I. I*). Cette classification est déduite des travaux de McKenzie (McKenzie, 1975) et Brindley (Brindley, 1996).

**Tableau N° 1:** Classification des principaux groupes de minéraux argileux et de leurs espèces

Groupe de minéraux Argileux	Espèce Minérale	Structure T=couche de tétraèdres O=couche d'octaèdres
Kaolinite	Kaolinite Halloysite Dickite	Minéraux à 2 couches T:O T:O
Smectites Illite Vermicule Micas	Montmorillonite Saponite Beidellite Nontronite Illite Vermicule Muscovite Biotite	Minéraux à 3 couches  T:O:T T:O:T
Chlorites	Chlorites	Minéraux à 4 couches  T:O:T:O T:O:T:O

(Benguella, 2009).

Parmi l'ensemble d'argiles citées dans le (Tableau N°1), les trois familles les plus importantes sont les kaolinites, les illites et les smectites.

### II.2.2.3.1. Classification selon l'AIPEA (Association Internationale Pour l'Etude des Argiles)

La classification des argiles et leur nomenclature dépendent de leur composition chimique et de l'ordre structural. La classification adoptée par le comité de nomenclature de l'Association Internationale pour l'Etude des Argiles (AIPEA) varie avec les données

structurales. Suivant le mode d'agencement des tétraèdres et des octaèdres et les cations interfoliaires ont permis d'aboutir à une classification du tableau suivante :

**Tableau N°2:** Classification des phyllo silicates

Nature du feuillet	Nature des cations interfoliaires	Groupe	Nature de la couche octaédrique	Exemples
1/1	Pas de cations ou seulement de l'eau	<i>Kaolinite</i>	Diocatédrigue	Kaolinite, halloysite, nacrite, dickite
2/1	Pas de cations	<i>Pyrophyllites</i>	Diocatédrigue	Talc
	Cations hydratés et échangeables	<i>Smectites</i>	Diocatédrigue	Montmorillonite, nontronite, beidellite, saponite
		<i>Vermiculites</i>	Diocatédrigue	Vermiculite diocatédrigue à trioctatédrigue
	Cations monovalents non-hydratés	<i>Micas</i>	Diocatédrigue	Muscovite, Illite, Paragonite, biotite
	Cations divalents non-hydratés	<i>Micas durs</i>	Diocatédrigue	Margarite, clintonite
	Hydroxyles	<i>Chlorites</i>	Diocatédrigue	Donbassite, sudoite, Clinochore
2/1 fibreux	/	<i>Palygorskites, Sépiolites</i>	Diocatédrigue	Sépiolite, Palygorskite

(D'après Caillère et Hénin, 1959, complété par Mitchell, 1993).

### II.2.2.3.2. Classification selon la couleur

La couleur n'est pas suffisante pour identifier le type d'argiles parce qu'elle peut être attribuée à plusieurs types d'argiles. Par exemple, la couleur verte par exemple est retrouvée chez la montmorillonite, l'illite ou encore le chlorite, etc. Ainsi, (Villieras, 2008) a montré que la concentration en oxyde de fer (Fe O) est responsable de la variation de couleur de l'argile comme va l'expliquer ci-dessous.

#### a) Argile verte

Les argiles vertes présentent une faible teneur en fer, ce sont généralement les montmorillonites, les illites et les smectites.

#### b) Argile blanche

Les argiles blanches sont le plus souvent des kaolinites et également des smectites (Merabet et Belkacemi, 2003).

#### c) Argile rose



Ces roches argileuses ne sont pas retrouvées au naturel. Il s'agit d'un mélange d'argile rouge et d'argile blanche (Cousin, 2013).

#### d) Argile rouge

Généralement des illites, ces argiles sont riches en oxyde de fer (Ségalen, 1969).

#### e) Argile jaune

Ces illites riches en oxyde de fer et magnésie (Ségalen, 1969).



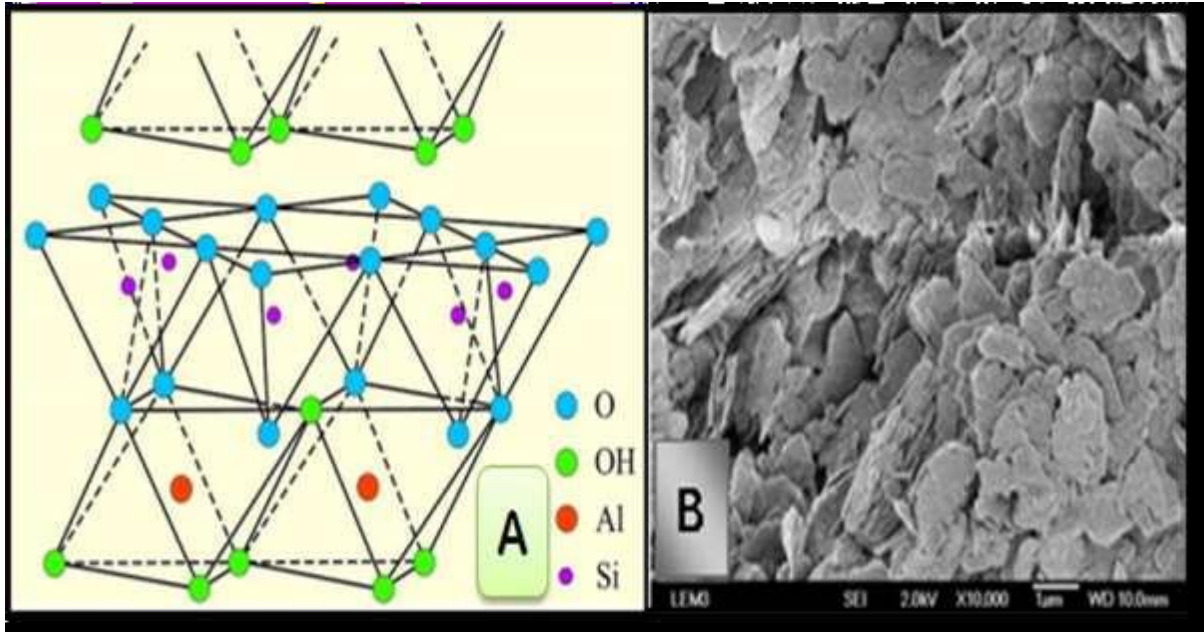
**Figure N° 9:** Classification d'argile selon la couleur (argile-verte.info, 2020).

### II.2.3. Les types des argiles

#### II.2.3.1. La Kaolinite (type de feuillet T-O) : $(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \text{Al}_4 (\text{OH})_8$

Selon Camille (2010), les kaolinites appartiennent à la famille des phyllo silicates (1:1). Le feuillet élémentaire est composé d'une couche tétraédrique de silicium et d'une couche octaédrique d'aluminium. D'un feuillet de kaolinite à l'autre des ions hydroxyles OH des

couches octaédriques sont en vis-à-vis d'un plan contenant des ions d'oxygène  $O^{2-}$  de la couche tétraédrique ; dans ce cas, les liaisons inter foliaires résultent de l'effet composé de liaisons hydrogène et de forces de Van der Waals (Figure N°10).

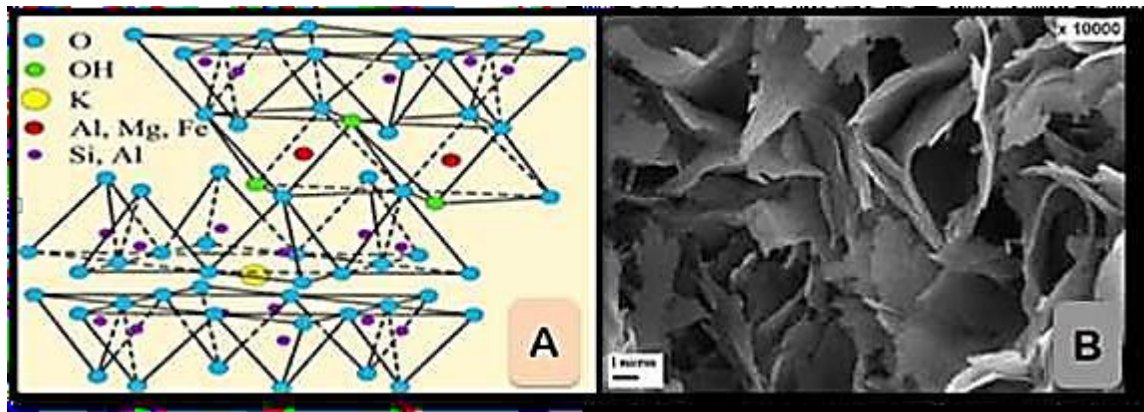


**Figure N°10 :** (A) Structure de la Kaolinite (El Hachmi, 2013), (B) Photo SEM de kaolinite (Wei et al., 2013; Wei, 2014).

### II.2.3.2. L'illite (type de feuillet T-O-T) $(K, H_2O)_2 Si_8 (Al, Fe, Mg)_{4,6} O_{20} (OH)_4$ .

Les illites appartiennent à la famille des phyllo silicates (2 :1). Le feuillet élémentaire est composé d'une couche octaédrique d'aluminium comprise entre deux couches tétraédriques de silicium. Dans les couches tétraédriques de silicium un ion  $Si^{4+}$  sur quatre est remplacé par un ion  $Al^{3+}$ . Le déficit de charge qui en résulte est compensé dans l'espace inter foliaire par des ions potassium  $K^+$  qui assurent des liaisons fortes entre les feuillets (Camille, 2010).

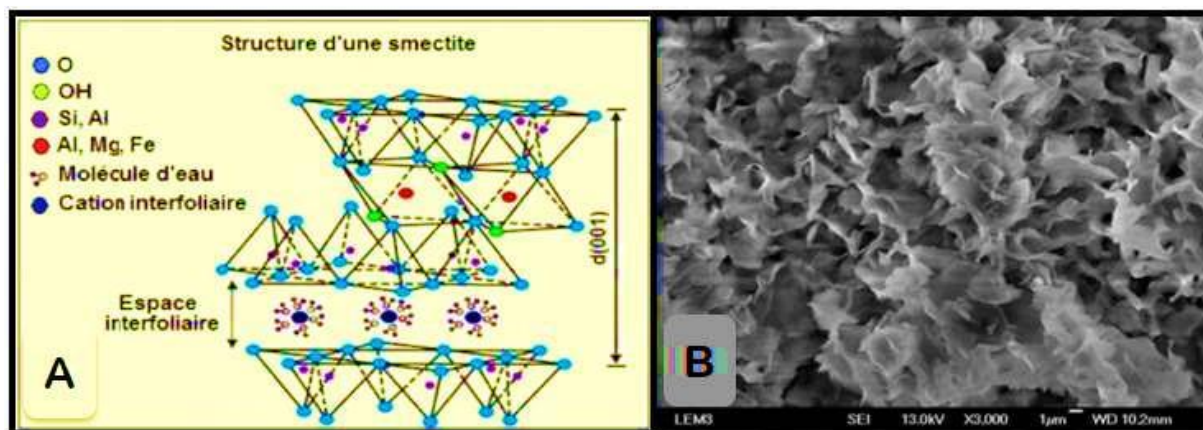




**Figure N°11 :** (A) Structure de l'illite (El Hachmi, 2013), (B) Photomicrographie électronique de l'argile Illite (Bajare, 2014).

### II.2.3.3. Les smectites $(OH)_4 Si_8 (Al_{+310/3}, Mg_{2/3}) O_{20}, n H_2O$

Les smectites, dont la montmorillonite et la bentonite, appartiennent à la famille des phyllosilicates (2:1) gonflant. Le feuillet élémentaire est caractérisé par l'empilement de 2 couches tétraédriques séparées par une couche octaédrique. Les atomes de silicium constituent majoritairement les tétraèdres mais des cations (Al, Fe) peuvent se substituer aussi dans ces tétraèdres. Les couches octaédriques sont quant à elles composées d'Al, Mg,  $Fe_{2+}$ ,  $Fe_{3+}$ , (Leger 18 septembre 1997). Les smectites ont, de par leur structure, la nécessité d'équilibrer leur charge dans l'espace inter foliaire par l'insertion de cations dans cet espace. Ces cations, peu liés à la structure, sont susceptibles d'être échangés par d'autres cations (Camille, 2010).



**Figure N°12 :** (A) Structure d'une smectite (Pedro, 1994), (B) Photo SEM de Montmorillonite (Wei et al., 2013; Wei, 2014).

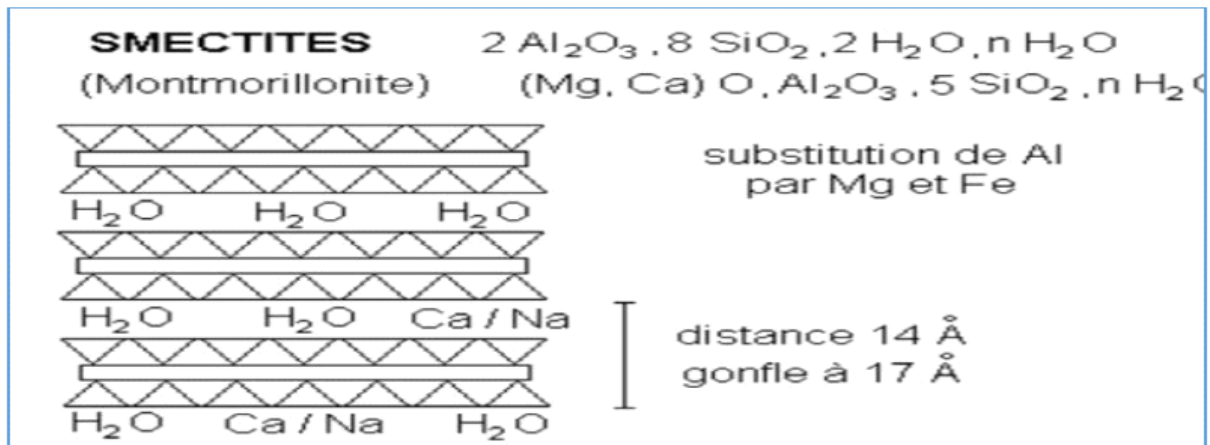


Figure N°13 : Représentation la structure de La montmorillonite (Morel. 1996).

### II.2.3.4. Chlorite

Les chlorites sont des minéraux typiques du métamorphisme. On les trouve, fréquemment, dans les fissures des roches et dans les sédiments récents Dans les roches sédimentaires, le chlorite riche en fer est issu de l'altération des minéraux ferromagnétiques (pyroxène, biotite...) (Millot, 1964). Elle a un feuillet d'une épaisseur double de celui de la kaolinite, comprenant une couche octaédrique dite brucitique (la brucite : Mg(OH)<sub>2</sub>).

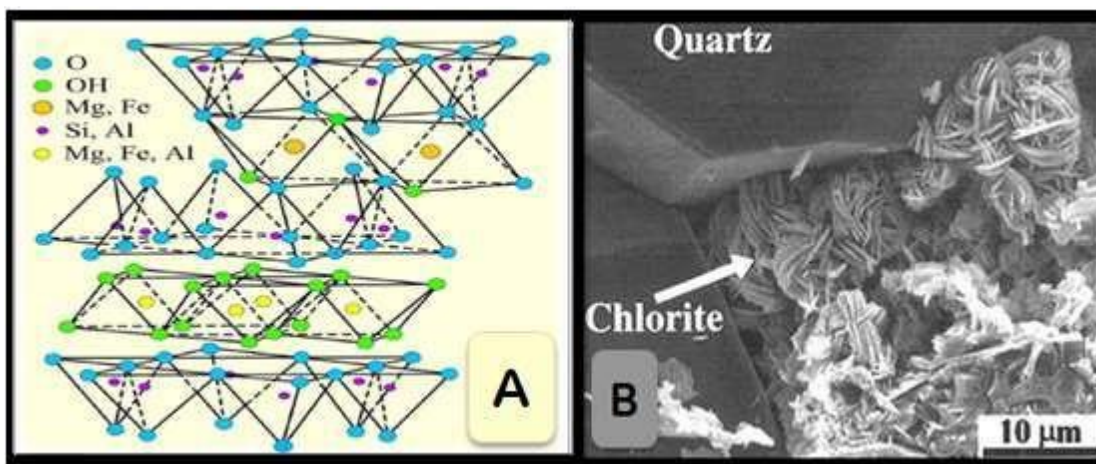


Figure N°14:(A) Structure de chlorite (El Hachmi, 2013) ,(B) Photo micrographie électronique de chlorite (Morel, 1996).

**II.2.3.5. Les vermiculites :**

Ce sont des minéraux résultant de l'altération des micas, peut-être des chlorites. Leur structure est composée de deux feuillets de mica trioctaédriques séparés par deux couches de molécules d'eau à l'origine d'une distance interfoliaire  $\delta$  de 0,498 nm. Le déficit de charge électrique positive est essentiellement dû au remplacement de  $\text{Si}^{4+}$  par  $\text{Al}^{3+}$ . Malgré des compensations dans le réseau, il subsiste un déficit de 1 mol<sub>C</sub> à 1,4 mol<sub>C</sub> par maille. La formule générale des vermiculites est  $(\text{Mg.ca}_x) (\text{Si}_{8-x} \text{Al}_x) (\text{Mg, Fe})_6 \text{O}_{20} \cdot y\text{H}_2\text{O}$ , avec  $x = 1$  à 1,4 et  $y$  de l'ordre de 8.  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Ca}^{2+}$  sont les cations compensateurs très facilement échangeables. (calvet, 2013)

# ***CHAPITRE III***

## *Propretés chimiques du sol*

### III.1. Les propriétés chimiques du sol :

Le sol est une matrice réactive qui est composée d'éléments chargés, minéraux et Organiques. Ces éléments interagissent entre eux et confèrent au sol des propriétés chimiques qui interviennent, entre autres, dans la nutrition des plantes.

#### III .1.1/ le pH

##### \*Définition

Est défini comme le logarithme décimal de la concentration d'une solution en ion  $H^+$ . Il permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions et les surfaces absorbantes du sol. ( Mirsal , 2004 )

$$pH = - \log [ H_3O^+ ]$$

L'échelle de pH de sol :

Appréciations pH  $H_2O$

Fortement acide  $pH < 5$

Acide  $5 < pH < 6$

Légèrement acide  $6 < pH < 6,6$

Neutre  $6,6 < pH < 7,4$

Légèrement alcalin  $7,4 < pH < 7,8$

Alcalin  $pH > 7,8$  ( Mirsal , 2004 ) .

##### \*Mesure le pH

Étalonnage du  $pH^-$  mètre

Suivre les indications propres à chaque appareil

- Sortir les solutions tampons ( 4.3.2 ) du réfrigérateur suffisamment à l'avance afin qu'elles puissent prendre la température ambiante .
- Mettre en circuit le  $pH^-$  mètre au moins une demi – heure avant l'emploi.

- Régler le bouton «  $t^{\circ}$  » par rapport à la température ambiante.

- Placer le bouton ad hoc sur  $\ll \text{pH}$ .

- Pour les mesures de pH de solutions inférieures à  $\text{pH} = 7$  :

- \* rincer l'électrode à l'eau déminéralisée et essuyer avec du papier absorbant, la plonger dans la solution étalon à  $\text{pH} = 7$ . Laisser la lecture se stabiliser et ajuster à 7,00 à l'aide du bouton ad hoc ;

- \* rincer l'électrode à l'eau déminéralisée et essuyer avec du papier absorbant. la plonger dans la solution étalon à  $\text{pH} = 4$ . Laisser la lecture se stabiliser et ajuster à 4,00 à l'aide du bouton ad hoc.

- \*Répéter ces opérations jusqu'à ce que les lectures  $\text{pH} = 7$  et  $\text{pH} = 4$  soient stables .

- \*Pour des mesures de pH de solutions supérieures à  $\text{pH} = 7$  :

- \*opérer de la même façon avec des solutions étalons à  $\text{pH} = 7$  et 9,22 .(Mathieu, 2003)

### III .12/ le calcaire

#### \*Définition

La fraction de calcaire d'un sol capable de libérer assez facilement du calcium est appelée calcaire actif . Une terre peut être riche en calcaire total et relativement pauvre en calcaire actif . L'excès de calcaire actif nuit à certaines plantes . On considère généralement que des problèmes sérieux peuvent commencer à apparaître à partir de teneurs en calcaire actif voisines de 50 pour mille ( Pousset , 2000 ) .

p : poids de témoin

v : volume de  $\text{CO}_2$  dégagé dans la réaction de témoin

P : poids de la terre fine

V : volume de  $\text{CO}_2$  dans la réaction de terre fine

#### \*Mesure du calcaire

Étalonnage du calcimètre

- Peser 100 mg de carbonate de calcium ( 2.3.3 ) à 0,1 mg près et verser dans la fiole à doigt .
- Rassembler au fond à l'aide de 5 mL d'eau déminéralisée ( 2.3.1 ) . Introduire l'acide chlorhydrique ( 2.3.2 ) dans le doigt à l'aide d'une pissette sou ple .
- Vérifier que le niveau du liquide dans le tube gradué est au zéro .
- Adapter la fiole à doigt au calcimètre . .
- Égaliser les pressions d'air de part et d'autre de la colonne liquide du calcimètre .
- Fermer le tube à l'aide de la pince de Mohr .
- Prendre la fiole par son bouchon et renverser l'acide dans la fiole , agiter .
- Attendre que la réaction soit complète : 1 min suffit pour le sel pur .
- À l'aide du niveau , égaliser à nouveau les pressions d'air de part et d'autre de la colonne liquide du calcimètre .
- Lire le volume dégagé :  $V_1$  .
- Recommencer l'opération avec une prise d'essai de 200 mg de carbonate de calcium ( 2.3.3 )
- Lire le volume dégagé :  $V_2$  .
- Vérifier que  $V_2 = 2V_1$  .

Cet étalonnage ne s'opère qu'une fois par période ( par semestre par exemple ) , les calculs se font alors avec une correction relative à la température .(Mathieu, 2003)

**Tableaux N°3:** classification des sol selon le pourcentage en carbone de calcium

Type de sol	Pourcentage en CaCo3 (%)
Non calcaire	<1
Peu calcaire	1-5
Modérément calcaire	5-25
Fortement calcaire	25-50
Très fortement	50-80
Excessivement calcaire	80

Source :BAISE, 2000

### III .13/ le gypse dans le sol

#### \*Définition

Élément très fréquent dans les sols salins et dans les formations des régions arides et semi-arides, le gypse est plus soluble que le calcaire et le bicarbonate de calcium ; il donne ainsi des phénomènes de dissolution et de représentation analogues à ceux du calcaire, mais dans lesquels le gaz carbonique n'intervient pas (solubilité moyenne de 2 g à 2,5 g par litre d'eau). Il est souvent associé aux sels de magnésium et de sodium dans les efflorescences et les pseudo mycéliums des sols et des formations précitées (Mathieu, 2003).

CACO

#### \*Mesure le gypse dans le sol

- Peser 5 de sol sec séché à l'air libre ( $< 2$  mm) et verser dans une fiole conique de 300 mL .
- Ajouter 100 mL d'une solution de carbonate d'ammonium ( 3.3.2 ) et chauffer 15 min à ébullition .
- Filtrer ; laver le filtre à l'eau bouillante .
- Acidifier par l'acide chlorhydrique ( 3.3.3 ) , porter à ébullition , à ce moment – là précipiter par quelques mL d'une solution bouillante de chlorure de baryum ( 3.3.4 ) .
- Laisser reposer .
- Filtrer sur filtres , laver à l'eau bouillante jusqu'à élimination des ions Cl .
- Sécher , calciner à  $900^{\circ}\text{C}$  , peser .

### III .14/ la salinité

#### \*Définition

La salinité se réfère à la quantité des sels solubles qui se trouve dans le sol (Chesworth, 2008). La salinité du sol est décrite et caractérisée en termes de concentration et de type de sels solubles. Elle est reliée à la conductivité électrique du sol mesurée en déci siemens par mètre ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ).



**\*Mesure la salinité**

La salinité est difficilement mesurable par analyse chimique directe, c'est-à-dire par séchage et pesée du résidu sec, car certains corps comme les chlorures s'évaporent en fin de séchage. La salinité est depuis 1978, officiellement mesurée à partir de la conductivité électrique (CE). La CE traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique entre 2 électrodes : plus le courant passe, plus la mesure est élevée et le sol riche en sels. C'est l'inverse de la résistivité, elle appond à la de de 1 m de long et de section. C'est le rapport entre la densité du courant et intensité du champ électrique. La CE est proportionnelle à la quantité de minéraux dissous dans l'eau. La CE est mesurée par un ndactivimetre au laboratoire. L'unité de mesure de la CE est le Siemensom (S/cm), de dimensions i T'L\*M ». Au laboratoire, on mesure la conductivité en faisant passer un courant alternatif de très basse tension entre deux électrodes. On plonge a cellule de mesure dans I 'eau et on lit la valeur. La conductivité électrique donne une indication : Les molécules de sels se dissocient en paires d'ions lorsqu'elles entrent es solution dans l'eau. Ces paires d'ions sont porteuses de charges électriques et, de ce fait, autorisent le passage du courant dans l'eau. Les solutions de sels dans l'eau sont appelées électrolytes, car conductrices d'électricité. Plus l'eau est minéralisée, plus il y a d'ions et, par conséquent, plus la conductivité sera élevée. La mesure de la CE ne permet toutefois pas de déterminer les types d'ions qui produisent cette conductivité ni dans quelle mesure ils y contribuent. Il ne s'agit donc, en T'occurrence, que d'une mesure globale de tous les constituants dissous dans l'eau. On sait toutefois que, dans la grande majorité des eaux, le calcium et le magnésium (dureté) contribuent le plus à la conductivité. L'électronégativité est la propriété des éléments chimiques de leur pouvoir d'attraction des électrons. Les petits atomes et les non-métaux sont globalement caractérisés par une électronégativité puissante. Ils tiennent fort leurs électrons. La minéralisation globale de cette eau. Une élévation de la température, comme celle de l'humidité, augmente la mobilité des ions dans l'eau du sol, la valeur mesurée est alors plus élevée. Le résultat de la mesure doit toujours comporter l'indication de la température à laquelle elle a été faite, surtout si elle est différente de la température de référence de 25°C. L'instrument de mesure qui possédé une sonde de température incorporée, corrige automatiquement la valeur obtenue en fonction de la température de l'eau. Pour un conductivimètre ne disposant pas d'une correction automatique, on se réfère au tableau suivant.(zella lakhdar- 2012)

### III .1.5/ la capacité d'échange cationique (CEC)

#### \*Définition

Elle exprime l'aptitude d'un sol à retenir des cations sous forme échangeable . La capacité d'échange cationique est une propriété des sols utile et intéressante . Elle est utile car elle permet de caractériser les sols du point de vue de la régulation de la composition ionique de la solution du sol . ( Calvet , 2003)

#### \*Mesure la capacité d'échange cationique

Existe plusieurs méthodes normalisées de mesure de la CEC , En général , la méthode consiste à saturer les sites d'échange par un cation unique , puis dosé la quantité fixée sur les sites d'échange par spectrophotométrie ( Hang and Brindley , 1970 ; Chiu et al . , 1990 ; Bakhti et al . , 2001 ) . Le nombre de site d'échange correspond exactement nombre d'ions quantifié . Le résultat est exprimé en nombre de charges pour 100g de sol ( méq / 100g ) . La CEC correspond donc au nombre de sites négatifs proposés à l'adsorption par l'argile et l'humus du sol . Chaque sol a sa CEC qui correspond à la quantité de cations qu'il peut fixer , à un pH 9 donné . Ces cations peuvent être des acides faibles ou des acides forts (  $H_3O^+$  ) . Il est préférable que ce soit des acides faibles qui occupent les sites de fixation :  $Ca^{2+}$  ,  $K^+$  ,  $NH_4^+$  car ceux - ci sont les plus intéressants d'un point de vue nutritif pour la plante . Connaître la valeur de la CEC est indispensable à une bonne interprétation des teneurs en éléments cationiques échangeables (  $K^+$  ,  $Ca^{2+}$  ,  $NH_4^+$  , ... ) ( Morel , 1989 ) . La répartition des différents cations sur la CEC et le taux de saturation ( somme des cations échangeables / CEC ) donne de précieuses indications sur le fonctionnement du sol .

**Tableau N°4 :** les valeurs des CEC pour quelques minéraux argileux

Minéral	CEC (meq/100g)
Kaolinite	5-15
Lilite	20-45
Smectite	80-120
Vermiculite	100-150
chlorite	10-40

(Caillère et al., 1982)

### III .1.6/ la conductivité électrique (CE )

#### \*Définition

La conductivité électrique du sol est un indice de la teneur en sels solubles dans ce sol. Elle exprime approximativement la concentration des solutions ionisables présentes dans l'échantillon

C'est-à-dire son degré de salinité. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et Anions porteurs de charges électriques augmente (Clément, 1998).

#### \*Détermination de la conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure qui donne une approximation de la concentration des sels solubles présents dans l'échantillon. La norme utilisée est la NF X31-113 qui est basée sur l'extraction des sels d'un échantillon, solubles dans l'eau, dans des conditions bien définies et dans un rapport sol sec/ eau égal à 1/5.

On pèse 10 g d'échantillon de sol préparé pour essai qu'on transvase dans un flacon en polyéthylène, on y ajoute 50 ml d'eau distillée, on ferme le flacon et on place dans l'agitateur mécanique à mouvement horizontal, on agite pendant 30 min. après filtration, on mesure la conductivité des sédiments à l'aide d'un conductimètre.

Elle est mesurée au conductimètre à partir de l'extrait du sol dont le rapport sol/eau

(GOUBI, 2017) (GUEMOUDA, M.2014).

Les valeurs sont comparées à une étude de salinité, résumées dans le tableau

Tableau N°5 : Echelle de salinité du sol

Conductivité électrique (ms / cm)	Salure
< 0.6	Non salé
0.6-1.4	Peu salé
1.4-2.4	Salé
> 2.4	Très salé

(USSL ,1981)

### III.1.7 - Azote totale

#### \*Définition

Contrairement à la plupart des autres éléments présents dans le sol , l'azote ne provient jamais de l'altération des roches sur lesquelles se sont élaborés les sols au cours du temps . L'azote est souvent le nutriment limitant dans le sol . Il est recyclé plusieurs fois par les organismes avant son assimilation par la plante . Lorsqu'on ajoute de l'azote dans le sol , il faut le faire pour les microbes et non pour la plante . Il s'agit toujours de petites quantités ( 10-20 U / ha ) à mettre juste avant le démarrage de l'activité des microbes ( Mirsal , 2004 ) .

$$Fh = (100 + H\%) / 100$$

$$N \text{ mg g}^{-1} = [(v_e - v_b) t * 14 / 1000] * (1000 / p_e) ] * Fh$$

$$N \text{ mg g}^{-1} = (v_e - v_b) * t * 14 * Fh / p_e$$

ou

$$N \text{ mg g}^{-1} = RS1 * Fh / p_e$$

$p_e$  : prise d'échantillon

$v_e$  : volume d'acide sulfurique nécessaire pour titrer un échantillon

$v_b$  : volume d'acide sulfurique nécessaire pour titrer le blanc

$t$  : Titre de l'acidité sulfurique (N/20)

H% : Humidité

Fh : Facteur de correction de l'humidité

**\*Mesure l'azote totale**

Minéralisation :

- Peser environ 1 g ( $\pm 0.2$  mg ) (P.) de sol broyé et tamisé à 0,2 mm et séché à l'air.
- Introduire la prise d'échantillon dans un matras.
- Effectuer simultanément un prélèvement pour la détermination de l'humidité.
- Ajouter dans le matras 2 g de catalyseur puis 7.5 ml de mélange sulfosalicylique et 3

Billes de verre.

- Allumer le bloc chauffant 7 minutes avant de mettre en place les échantillons et régler

La puissance au maximum.

- Fixer le capteur de fumée sur la série de matras et les placer dans le bloc chauffant,

Chauffer à douce ébullition (réduire de moitié environ la puissance de chauffe), pendant

1 h 30.

- Faire un blanc par série.

NOTE :

Lorsque les échantillons contiennent du calcaire, une partie de l'acide réagit avec

Le carbonate, il faut donc compenser cette consommation d'acide par un ajout de 0.5 ml

D'acide sulfurique concentré.

Distillation :

Programmer le distillateur :

Eau distillée. 15 ml

Soude. 30 ml

Délai. 10s

Temps de distillation. 5m

- Ouvrir l'arrivée d'eau de refroidissement.
- Vérifier si les réservoirs de soude et d'eau déminéralisée sont suffisamment remplis.
- Effectuer une opération avec un matras vide pour vérifier l'amorçage des pompes.

- Distiller et recueillir le distillat dans un bécher de 250 ml contenant 20 ml d'acide Borique, la pointe du réfrigérant doit plonger de quelques millimètres seulement dans la Solution. L'appareil s'arrête automatiquement.

- Retirer le bécher et laver l'extrémité du réfrigérant.

Titration :

- Après avoir étalonné le titroprocesseur, à pH 7.0 et 4.0, appeler le programme de Titration de l'azote dans les sols (GET pH 1 – 0311 pour le titrage du blanc puis GET pH 1

- 0312 pour le titrage des échantillons).
- Vérifier les paramètres du dosage.
- Effectuer les titrages avec l'acide sulfurique 0.025 mol l<sup>-1</sup> ou N/20.
- Vérifier régulièrement le titre de l'acide avec une solution de carbonate de sodium

N/20, utiliser le programme GET pH 1- 0110.

- Vérifier le bon fonctionnement de l'appareil en distillant 10 ml de solution de chlorure D'ammonium 0.04 mol P (N/25).

- Effectuer plusieurs mesures, celles-ci permettront de déterminer la précision du dosage

(l'écart type relatif doit être inférieur à 5%) (Jean PETARD, 1993).

### III .1.8/ phosphore

#### \*Définition

15 à 80 % du phosphore total des sols peut se trouver sous forme organique , mais comme pour l'azote , la teneur des sols dépend beaucoup de la végétation , du climat et de la nature du sol . Exemples de teneurs des sols en phosphore organique (d'après Stevenson, 1994)

Les plantes contiennent quatre types phosphore : les pythiens , les sucres phosphatés , les phospholipides et les acides nucléiques . Les prytales ou phosphates d'inositol sont la forme organique de P la plus abondante , les autres composés étant généralement rapidement transformés et minéralisés . Cependant , les formes du phosphore organique ne sont bien identifiées que pour moins de 50 % seulement en raison de la présence de polysaccharides

phosphatés , de complexes entre composés organiques et inorganiques et d'associations avec les substances humiques) Calvet, 2003) .

#### \*Mesure le phosphore

- Introduire, dans un creuset de nickel, une prise d'échantillon de 0.5 g environ ( $\pm 0.2$  Mg) de sol broyé à 0.200 mm et séché à l'air (effectuer simultanément une mesure D'humidité).

Le port de lunettes de protection est obligatoire.

- Ajouter (juste avant fusion) 5 g de soude en pastilles.
- Chauffer sur un brûleur électrique à 450°C et laisser fondre tout en agitant doucement

Pendant 15 à 30 mn. Eviter de porter au rouge le creuset de nickel.

- Laisser refroidir le creuset jusqu'à ce que l'ensemble de la masse se solidifie.
- Plonger le creuset refroidi dans un becher de 250 ml contenant environ 100 ml d'eau

distillée et laisser dissoudre le produit de la fusion (mettre sur plaque chauffante).

- Retirer ensuite le creuset après l'avoir lavé soigneusement avec de l'eau distillée chaude.
- Maintenir sur la plaque chauffante pour évaporer la solution et la concentrer jusqu'à 30 l environ.
- Filtrer ensuite sur filtre rapide (rouge) 0 110 ou 125 mm et laver abondamment le

Précipité avec de l'eau distillée chaude ; recueillir le filtrat dans une fiole jaugée de 250ml.

- Laisser refroidir.
- Acidifier en versant (en agitant) goutte à goutte 7 ml d'acide sulfurique au ln

(acidification du milieu accompagné du départ de gaz carbonique), puis plus Rapidement, 14 ml du même acide.

- Laisser refroidir et volumer à 250 ml avec de l'eau distillée.

Le milieu final est :  $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0.5 \text{ eq l}^{-1}$  et  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1 \text{ eq l}^{-1}$

## GAMME ETALON

Solution de phosphore à  $1 \text{ g l}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  » (en milieu sulfurique  $1 \text{ eq l}^{-1}$  et sulfate de sodium  $0.5 \text{ eq l}^{-1}$ )

- Peser, dans un bécher de 100 ml, 1.927 g de potassium dihydrogénophosphate P.A.

{ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , préalablement séché à l'étuve et refroidi au dessiccateur.

- Dissoudre le sel avec la solution d'acide sulfurique  $1 \text{ eq l}^{-1}$  et de sulfate de sodium  $0.5 \text{ Eq l}^{-1}$  puis transvaser la solution dans une fiole jaugée de un litre.
- Compléter le volume avec la solution d'acide sulfurique  $1 \text{ eq l}^{-1}$  et de sulfate de sodium  $0.5 \text{ eq l}^{-1}$ .
- Homogénéiser.
- Préparer dans des fioles jaugées, à partir de la solution de  $\text{P}_2\text{O}_5$  à  $1 \text{ g l}^{-1}$ , les points Suivants :

Utiliser le diluteur Microlab, programme 58.

Syr. : 50000

Asp. Speed : 30

Dis. Speed : 15

A : 2525



mode	W <sub>P<sub>2</sub>O<sub>2</sub></sub> l g l	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> mg l <sup>-1</sup>	fiol ml
D	750	7.50	100
D	625	6.25	100
D	500	5.00	100
D	300	3.00	100
D	150	1.50	100
D	100	1.00	100
D	100	0.50	200

Compléter le volume avec la solution d'acide sulfurique 1 eq l<sup>-1</sup> et de sulfate de sodium 0.5 eq l<sup>-1</sup> et homogénéiser.

## MANIFOLD

2 filtre : 820 nm

2 cellules : 199-B021-04

Cuve : 15 mm

Bain-marie : 80C° réf ,157 – B 273- 41

Prélèvement : 40 IXI

Expansion : 1.30

Les mesures sont exprimées en mg l<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

C<sub>b</sub> Concentration du blanc

C<sub>a</sub> Concentration de l'échantillon

D Dilution = 1/x

H% Humidité

Fh Facteur d humidité = (100+ H%)/100

P Prise d humidité

$$P_2O_3 \text{ mg g}^{-1} = Fh * (C_a * x) - C_b * 200/1000/P$$

$$P_2O_3 \text{ mg g}^{-1} = 0.2 Fh * ((CA *x) - C)/p$$

### III.2 La fertilité chimique :

A trait à la nutrition minérale des végétaux via les concepts de biodisponibilité des éléments, de carences, de toxicités et d'équilibres. Une nutrition équilibrée suppose que la plante trouve (quantité suffisante) et puisse absorber (équilibres chimiques, pH favorable, disponibilité en eau pour favoriser l'absorption, minéralisation de la Mo...) l'ensemble des éléments dont elle a besoin. Ces différents éléments nutritifs sont présents sous diverses formes, et seulement une partie est directement assimilable par les plantes. En effet, la matière organique et les minéraux du sol doivent être transformés (respectivement par minéralisation et dissolution) pour que leurs éléments constitutifs soient assimilables par les végétaux.

Il ne faut en aucun cas négliger l'un de ces facteurs pour obtenir un sol de bonne qualité. La fertilité dépend des conditions du milieu (roche-mère, nature des minéraux, texture, climat...), mais aussi et surtout de la conduite des activités humaines, notamment des pratiques agricoles et sylvicoles. Afin d'éviter des pertes vers les milieux aquatiques, ces pratiques doivent viser à satisfaire les besoins des végétaux, tout en veillant à ne pas dépasser la capacité des sols à retenir les éléments nutritifs.

( Maëva BOURGEOIS, Elise COQUILLART, Morgane COURNARIE, Claire FASSINO, 2017)

### III.3 Les propriétés chimiques des sols argileux :

Sol chimiquement riches en éléments nutritifs, avec une forte capacité d'échange anionique et cationique (Duchaufour, 1988)

# *Conclusion générale*

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale :

L'objectif de cette étude, est de présenter les différentes propriétés chimiques des sols argileux.

Il existe plusieurs type d'argile; les kaolinites appartiennent à la famille des phyllo silicates (1:1). Le feuillet élémentaire est composé d'une couche tétraédrique de silicium et d'une couche octaédrique d'aluminium. Les illites appartiennent à la famille des phyllo silicates (2 :1). Le feuillet élémentaire est composé d'une couche octaédrique d'aluminium comprise entre deux couches tétraédriques de silicium. Les smectites, dont la montmorillonite et la bentonite, appartiennent à la famille des phyllo silicates (2:1) gonflant. Le feuillet élémentaire est caractérisé par l'empilement de 2 couches tétraédriques séparées par une couche octaédrique.

Les propriétés chimiques des sols argileux sont chimiquement riches en éléments nutritifs avec une forte capacité d'échange anionique et cationique.

### Références bibliographiques

**Baize, D, Jabiol, B. (1995).** Guide Pour La Description Des Sols : Collection Techniques Et Pratiques. INRA: Paris.

**Baize, D. (1995).** Et Jabiol B., Guide Pour La Description Des Sols, Collection Techniques Et Pratiques, INRA, Paris.

**Bajare, D. et Bumanis, G. (2014).** Alkali diffusion in porous alkali activated materials. *Spectrum*, 6(3.90), 96-10.

**Benguella , B. (2009).** Valorisation des argiles algérienne: application à l'adsorption des colorants textiles en solution. Thèse de doctorat, Université de Tlemcen.

**Berrah, Y. (2017).** Étude mécanique et minéralogique des sols gonflants de la région de Tébessa N.E Algérie. THÈSE Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat En Géologie, Université de Tébessa. p 25, 32, 33, 34, 35).

**Boulaine, J.( 1989).** Histoire Des Pédologues Et De La Science Du Sol. Ed. INRA. 285 P.

**Brindle,G. W.(1996)** « discussion and recommendations concerning the nomenclature of clay minerals and related phyllosilicates. », *Clay and Clay minerals*. 14, P27-34,

**Calvet, R.( 2003).** Le Sol : Propriétés Et Fonctions. Tome 1 : Constitution Et Structure, Phénomènes Aux Interfaces. Ed. France Agricole. 456 P.

**Calvet,R.(2013).** LE SOL.2eme édition, France agricole, 24-25p.

**Camille, T. (2010).** Caractérisation et quantification des minéraux argileux dans les sols expansifs par spectroscopie infrarouge aux échelles du laboratoire et du terrain. THESE présenté en vue de l'obtention du doctorat de l'université de toulouse.

**Chamayou, H. Legros, J.P. (1989).** Les bases physiques chimiques et minéralogiques de la physique du sol : Presse universitaires de France : Paris.

**Choufa, N.(2013).** Epuration des eaux usées : l'élimination des micropolluants dans les eaux usées par un matériau argileux, Mémoire De Magister, Université Mohammed Chérif - Messaadia Souk Ahras, Faculté Des Sciences Et De Technologie Département Des Sciences De La Matière. 2012-2013.

Cousin, Argile, éditions Eyrolles, dépôt légal : avril 2013, ISBN : 978-2-212-55642-1.

**Duchaufour, P .H. (1988).** Pédologie 2ème: édition Paris. 224p.

**Duchaufour, P. (1984).** Abrégés De Pédologie. Ed. Masson. Paris, 220 P.

## Références bibliographiques

---

**-EL HACHMI, A. (2013).** Argile et minéraux argileux: propriétés physico-chimiques et propriétés et propriétés colloïdales.

**Eslinger,E et Peaverd,D.(1988)** “Clay minerals for petroleum geologist and engineers”, SEPM Short course notes N° 22. Society Economic paleontologists and mineralogists, Tulsa, USA 1988.

**Girald, M.C., Walter., Rémy, J.C., Berthheiin, J., Morel, J. I. (2011).** Sols et environnement: cours exercice corrigés et études de cas. Dunod: Paris. 432.

**GOUBI, S. (2017).** Contribution à l'étude de l'influence de quelques facteurs Edapho-climatiques sur les huiles essentielles de l'Artemisia herba alba Asso. Mémoire pour L'obtention du diplôme de Master. Université Echahid Hamma Lakhdar : El-Oued. P.p.

**GUEMOUDA, M. (2014).**Impact de la pollution par les hydrocarbures sur Perinereis Cultivera (Annélides, Polychètes) dans le littoral Est-Algérien. Mémoire pour l'obtention du Grade de Doctorat. Université de Badji-Mokhtar : Annaba. P.p.67-72.

**HAKKOUM, A. (2010).** Dépôt de particules d'or sur argiles Préparation, caractérisation et application catalytique.

**Hillel, D.( 1982)** Introduction To Soil Physics. Ed. Academic Press. New York, USA, 364P..

**Holtz, W. G et Gibbs, H.J. (1991).** " Introduction à la géotechnique ".Traduit par Lafleur, J, édition de l'école de polytechnique de Montréal, Canada, 794p.

**Jozja, N.( 23Juin 2003)** « Etude de matériaux argileux albanais. Caractérisation ‘multi-échelle’ d'une bentonite magnésienne, these de doctorat, école doctorale : Science et Technologies, Discipline : Sciences des Matériaux, Université de l'Orléans,.

**Lakhdar, Z.(2012).** les bases de l'irrigations.opo.488 p.Calvet, R. (2003). Le Sol : Propriétés Et Fonctions. Tome I : Constitution Et Structure,Phénomènes Aux Interfaces. Ed France Agricola : 456 P.

**Legros, J.P. (2007).** Les Grands Sols Du Monde : Ed Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes. Lausanne : 574 P.

Liebau,F.(1985) “Structural Chemistry of Silicates: Structure, Bonding and classification”, Springer-Verlag, P52-159, Berlin Heidelberg New York Tokyo .

**MATHIEU, C.et PIELTAIN, F, ( 2003).** Analyse chimique des sols méthodes choisies. Editions Tec et Doc/Lavoisier, Paris, 408 p.

## Références bibliographiques

---

- Mathieu, G. (2008)** Interactions entre argile ammoniée et molécules organiques dans le contexte du stockage des déchets. Cas de molécules à courtes chaînes, Thèse pour obtenir le grade de docteur, Université d'Orléans Français.
- McKenzie, C.(1975)** “the classification of soil silicates and oxides. In : Soil components vol. 2 ;Inorganic components” . J. E. eds. Spring- Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, P1-25.-
- Caillère S., HENIN S. (1959).** La classification des argiles, XXème congrès Géol. Internat., Mexico, pp. 1-8 .
- Merabet, D,et Belkacemi, H. (2003), September).** Caractérisation minéralogique et chimique du kaolin de Tamazert (Algérie). In Annales de Chimie Science des Matériaux (Vol. 28, No. 5, pp. 61-83). No longer published by Elsevier.
- Millot, G. (1964).** *Géologie des argiles: altérations, sédimentologie, géochimie* (No. 552.5). Masson,.
- Mirsal, A. (2004).** Soil Pollution. Origine, Monitoring and remediation. Springer Verlag Berlin Heidelberg
- Mitchell J.K. (1993).** Fundamentals of soil behavior, 2ème édition, John Wiley and sons, New York, 437 pp.
- Mohamed, H. (2007)** « Contribution à l'amélioration du procédé de fabrication de la céramique », Mémoire de magister, Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur, Département de genie des procedes, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Morel, R. (1996).** Les sols cultivés. 2ème édition, Lavoisier. *Tec. et Doc. La phase liquide du sol*, 5(3), 140-171.
- Murrle ,T , And P, Neuman. (2004),** Mass Production Of Small Hive Beetles (Aethina Tumida,Coleoptera : Nitidulidae). Journal Of Apicultural Research 43(2) : 144-145.
- Nicolas, C. (2005).** Sols traités à la chaux et aux liants hydrauliques, Thèse doctorat, Ecole Nationale Supérieures Mines De Saint-Etienne Génie Procédé France
- Nortcliff, S.(2002).**Standardisation Of Soil Quality Attributs. *griculture.Ecosystems & Environment* 88(2)P161-168
- Pansu, M. And Gautheyrou, J. (2001),** L'analyse Du Sol Minéralogique, Organique Et Minérale. Edition Springer..
- Pedro, G.(1994),** Structures et reactivite des argiles. Bulletin du Groupe français des Argiles, 26, 9-55.
- Petard, J. (1993)** les méthodes d'analyses tome 1 analyse du sol ORST 200 p

## Références bibliographiques

---

- Pousset, J.( 2002).** Engrais Vert Et Fertilité Des Sols, 2<sup>ème</sup> Ed. Agri-Décisions, Paris.
- Ségalen, P. (1969).** Contribution à la connaissance de la couleur des sols à sesquioxydes de la zone intertropicale: sols jaunes et sols rouges. Cah. Orstom, Sér. Pédol, 7(2), 225- 236
- Sposito, G.(2008).** The Chemistry Of Soils: Oxford University Press. New York.
- Sposito, G., The Chemistry Of Soils. Oxford University Press, New York. 2008
- Sposito. G. 1997.**The Chemical Composition Of Soils. The Chemestery Of Soils. Oxford University Press.New-York:P3-27
- The Chemistry Of Soils: Oxford University Press : New-York. P3-27.
- Villieras .(2008).** Argiles : histoire d'avenir, éditions Récréateurs, dépôt légal .
- Wei X, Hattab M, Fleureau JM, Hu RL (2013)** Micro-macro-experimental study of two clayey materials on drying paths. Bulletin of Engineering Geologyand the Environment 72:495-508.
- Wei X. (2014)** Etude micro-macro de la fissuration des argiles soumises  
<https://www.crstra.dz/>
- [http://geoscape.nrcan.gc.ca/sask/cracks\\_f.php](http://geoscape.nrcan.gc.ca/sask/cracks_f.php)



## Thème

### Étude des propriétés chimiques des sols argileux

#### Résumer:

L'objectif de cette étude, est de présenter les différentes propriétés chimiques des sols argileux.

Il existe plusieurs type d'argile; la kaolinites, L' illites , les smectites, les chlorites et les vermiculites; dont la kaolinite, l'élite et les smectites sont les minéraux les plus répandus. Les sols argileux se caractérisent en générale par des bonnes propriétés chimiques ; se sont des sols chimiquement riches en éléments nutritifs et avec une forte capacité d'échange anionique et cationique.

**Les mots clés:** sols argileux, propriétés chimiques, éléments nutritifs et capacité d'échange anionique et cationique.

## Topic

### Study of the chemical propriété of clay soil

#### Summarize :

The objective of this study is to present the different chemical properties of clay soils. There are several types of clay; kaolinites, illites, smectites, chlorites and vermiculites; of which kaolinite, ilite and smectites are the most prevalent minerals. Clay soils are generally characterized by good chemical properties; these are soils chemically rich in nutrients and with a high capacity for anionic and cationic exchange

**key words:** clay soils, chemical properties, nutrients, and anion and cation exchange capacity.

## الموضوع

### دراسة الخصائص الكيميائية للتربة الطينية

#### تلخيص:

الهدف من هذه الدراسة هو عرض الخصائص الكيميائية المختلفة للتربة الطينية

هناك عدة أنواع من الطين. الكاولينث ، ليليث ، السميكتيث ، الكلوريث والفيرميكيوليث ؛ منها السميكتايت، الايليث والكولين هي المعادن الأكثر انتشارًا. تتميز التربة الطينية عمومًا بخصائص كيميائية جيدة ؛ هذه التربة غنية بالمواد المغذية كيميائيًا ولها قدرة عالية على التبادل الأيوني والكاتيوني.

**الكلمات الأساسية:** التربة الطينية ، الخصائص الكيميائية ، العناصر الغذائية ، والقدرة على تبادل الأنيون والكاتيونات