



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abbes Laghrour - Khenchela

FACULTE DES SCIENCES DE LA MATIERE

MASTER 2 : CHEMIE ANALYTIQUE

# Traitement Deseaux Par Déférente Type D'ARGILE

Réalisé par :

- ❖ GHEZAL Mebarka
- ❖ HEMAMI Naziha

Encadrement :

- ❖ BEKHA Hani

Membres De Jury :

- ❖ TROUCHE Ahmed
- ❖ HAICHI Mohammed

**Année universitaire : 2018 / 2019**

# Chapitre I

## NOTIONS GENERALES SUR LES ARGILES

## Chapitre I :

## Notion générales sur les argiles

### I. Généralités :

L'argile est une matière première utilisée depuis longtemps dans les différentes activités de la vie humaine, le mot argile provient du mot grec «Argos » de latin « argilo » qui veut dire blanc.

Les argiles sont des roches constituées d'une variété de minéraux très fins, plus ou moins bien définis et dont la forme est généralement aplati .

Els sont constitués par des minéraux spécifiques dits : argileux, mais on trouve aussi des espèces dont les plus fréquentes sont la silice, des silicates non phylliteux, des oxydes, des hydroxydes cristallisés ou amorphes et des carbonatés1.

Les minéraux argileux sont surtout des silicates d'alumine, dont la forme cristallographique se traduit par l'existence d'empilements de feuillets ou agrégats fibreux, ont la dimension moyenne est  $2\mu$  environ 2.

Els possédants certaines caractéristiques qui les distinguent en tant que groupe.

L'analyse chimique montre que l'argile est composée essentiellement de silice, d'alumine d'eau et souvent de quantités non négligeable de fer( Fe), magnésium mg, et de faibles quantités de sodium( Na) ,et de potassium( K) .

D'autres caractéristiques peuvent être citées comme la grande superficie et la réactivité

Chimique à la surface.

#### I.1.Définition de l'argile:

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, à structure feuilletée (phyllosilicates) ou structure fibreuse (sépiolite et palygorskite) qui explique leurs qualités d'absorption et leur plasticité [1].

Véritable cadeau de la nature, l'argile est essentiellement constituée de silicates d'alumine hydratés, dans lesquels sont imbriqués des éléments minéraux qui lui donnent sa coloration. Ces éléments présents en quantités réduites sont des oxydes d'alumine, de titane, de calcium, de magnésium, de potassium et de sodium [3].

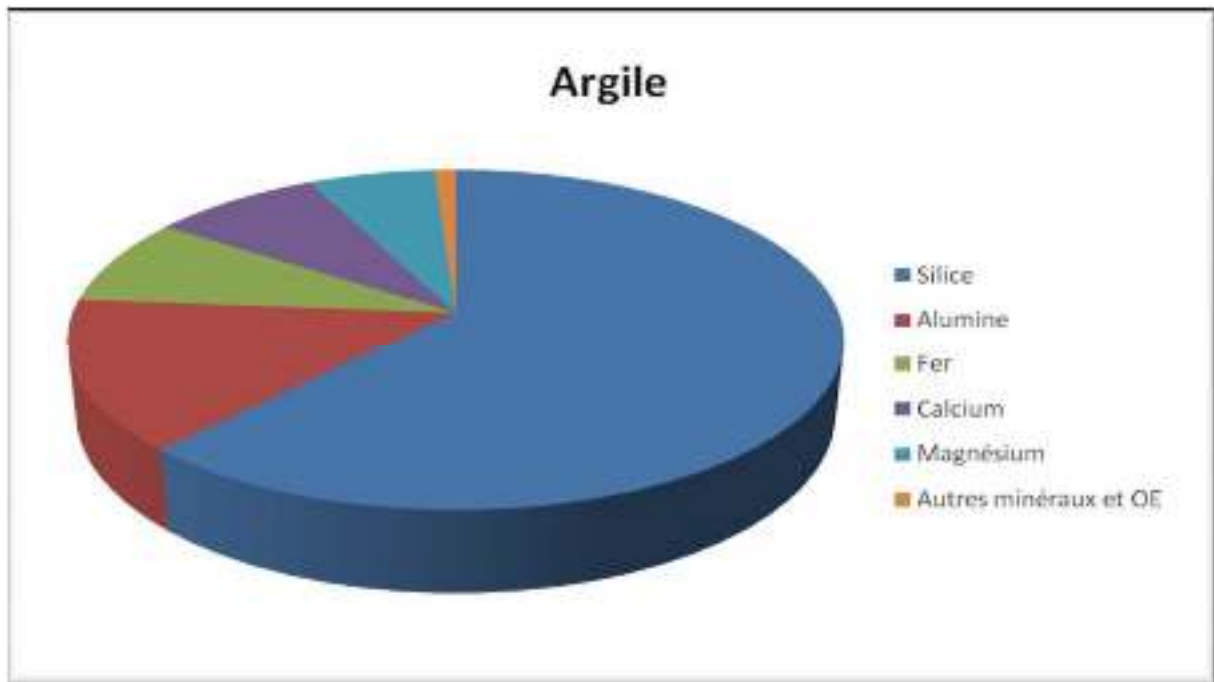


Figure 1.1 : Résumé pour les constituants en général de l'argile.

## I.2- Origine:

Les minéraux argileux proviennent de l'érosion de roches silicatées en particulier de la désagrégation des minéraux composants du granite : mica et feldspath. Les minéraux argileux les plus communs: la kaolinite, l'halloysite, la montmorillonite l'illite la vermiculite sont de très fines particules, elles peuvent soit resté sur place (argiles résiduelles, ex: argiles à silex, argiles de décalcification) soit être transportés sur de longues distances par les cours d'eau jusqu'au fond de la mer (ex : argiles des fonds océaniques)[4].

## I.3- Minéralogie et cristallochimie:

Les minéraux argileux sont des silicates hydratés (il s'agit généralement de silicates d'aluminium mais parfois de silicates de magnésium) dont la structure feuilletée permet de les ranger dans la famille de phyllosilicate [6].

Les phyllosilicates sont pour les plupart des aluminosilicates (oxydes de silicium et d'aluminium). Comme le sont également les zéolites et sont classés en fonction de leur structure microscopique obtenue par diffraction de rayons X [7].

La figure 1 explicite la terminologie utilisée pour définir la structure des argiles. On distingue quatre niveaux d'organisation :

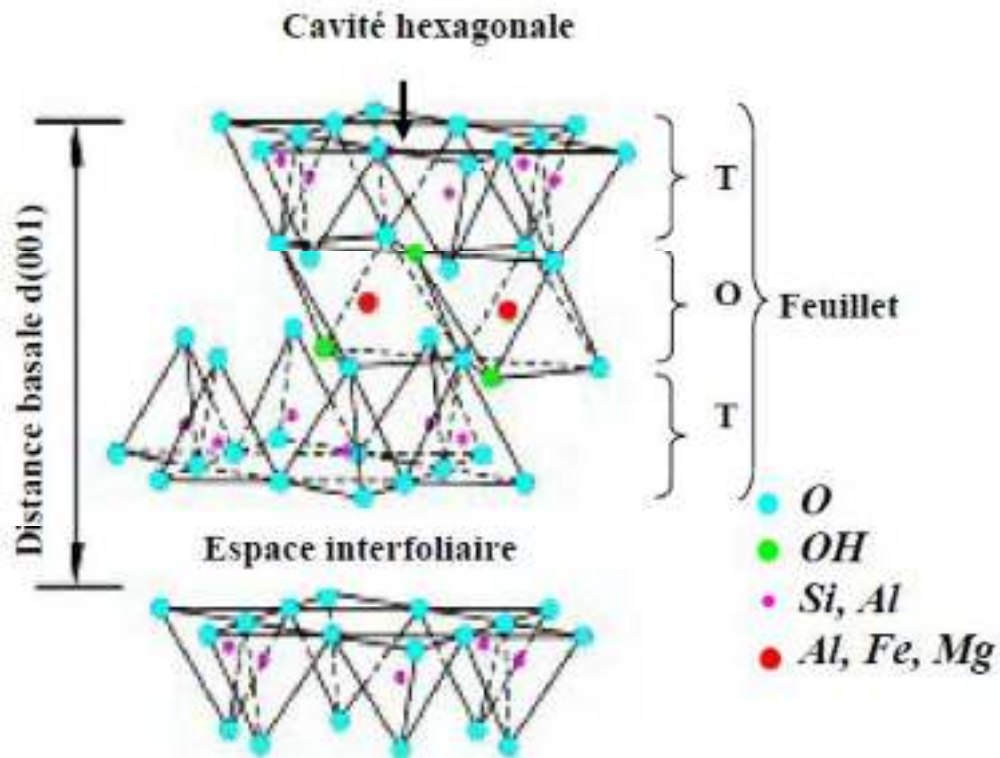
Les plans : sont constitués par les atomes.

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 de couches.

L'espace interfoliaire : c'est le vide séparant deux feuillets de même structure, il peut être occupé par des cations (éventuellement hydraté)

Le cristal : résulte de l'empilement de plusieurs couches [2]:

Figure 2: Représentation schématique de l'empilement des feuillets unitaire dans une argile [2].



*Figure I.2: Représentation schématique de l'empilement des feuillets unitaires dans une argile [2].*

### I.3.1 La couche du tétraèdre de silice :

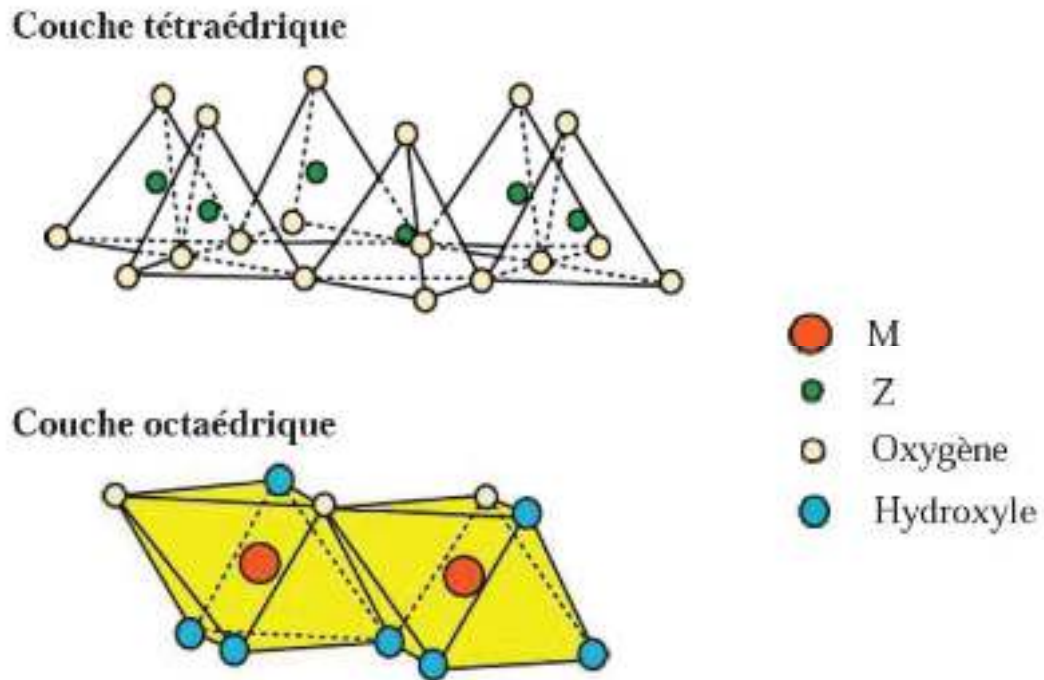
Dans l'élément tétraédrique, l'ion central est la silice ( $S^{+4}$ ) qui est entouré par 4 ions d'oxygène ( $O^{2-}$ ) (figure 2). Les tétraèdres sont liés ensemble par leurs bases en partageant une union d'oxygène entre deux tétraèdres pour former une couche tétraédrique. La formule générale de cet ensemble est  $n[(Si_2O_5)^{-2}]$  [8].

### I.3.2. La couche d'octaèdre d'aluminium ou éventuellement de magnésium :

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 2).

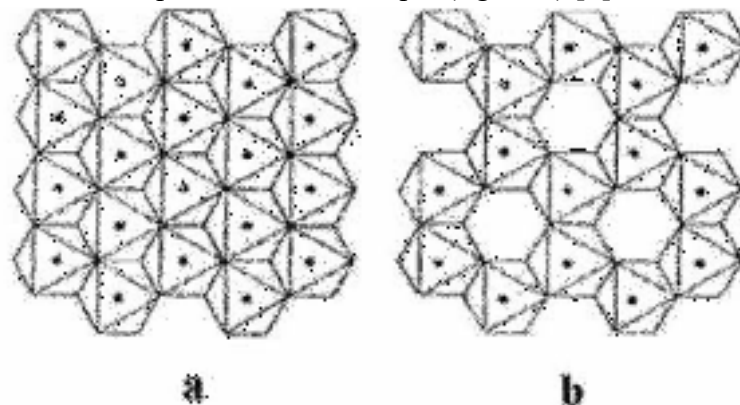
Les unités octaédriques sont liées ensemble de telle sorte que chaque groupement fonctionnel ( $OH^-$ ) est partagé entre 3 unités octaédriques.

La formule générale de ce groupement est  $n[Al_2(OH)_6]$  ou  $n[Mg_3(OH)_6]$  [8].



*Figure I.3 : Représentation des tétraèdres et des octaèdres [9].*

Les vides octaédriques peuvent eux aussi recevoir des ions tel que  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$  et  $Fe^{2+}$ . Quant tous ces derniers sites sont occupés par des ions divalents ( $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ) on dit que le minéral est dioctaédrique. Par contre si 2/3 de ces sites sont occupés par des ions trivalents on dit du minéral qu'il est trioctaédrique (figure 3) [2].



*Figure I.4 : Représentation polyédrique d'un feuillet trioctaédrique (a) et dioctaédrique (b) [10].*

#### I-4 Classification des minéraux argileux :

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 on distingue 2 grandes familles de minéraux :

1. Les minéraux fibreux qui sont des espèces à pseudo feuillets, par exemples les palygorskites (attapulgite) et les sépiolites.
2. Les minéraux phylliteux à structures lamellaires. Ces derniers sont les plus répandus et les plus étudiés. Leur classification est basée sur le mode d'association des couches structurales et le degré d'occupation des sites de la couche octaédrique (di ou tri octaédrique).

Selon la séquence d'empilement des couches tétraédriques et octaédriques on distingue des minéraux de type 1/1 (T-O), 2/1 (T-O-T) et 2/1/1(T-O-T-O) (tableau 1) [1]

Type d'argile	Formule Structurale	Charge à compenser	Groupe	Famille			
1 / 1	M <sub>2-3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	0	Kaoliniteserpentine	Diocatédrigue			
				Triocatédrigue			
2 / 1	M <sub>2-3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	0	Pyrophyllitetalc	Diocatédrigue			
				Triocatédrigue			
		0.25-0.6	Smictite	Diocatédrigue			
				Triocatédrigue			
		0.6-0.09	Vermiculite	Diocatédrigue			
				Triocatédrigue			
		1	Mica		Diocatédrigue		
					Triocatédrigue		
					2	Mica cassant	Diocatédrigue
							Triocatédrigue
2 / 1 / 1	M <sub>2-3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> -M-(OH) <sub>2-3</sub>	Variable	Chlorite				

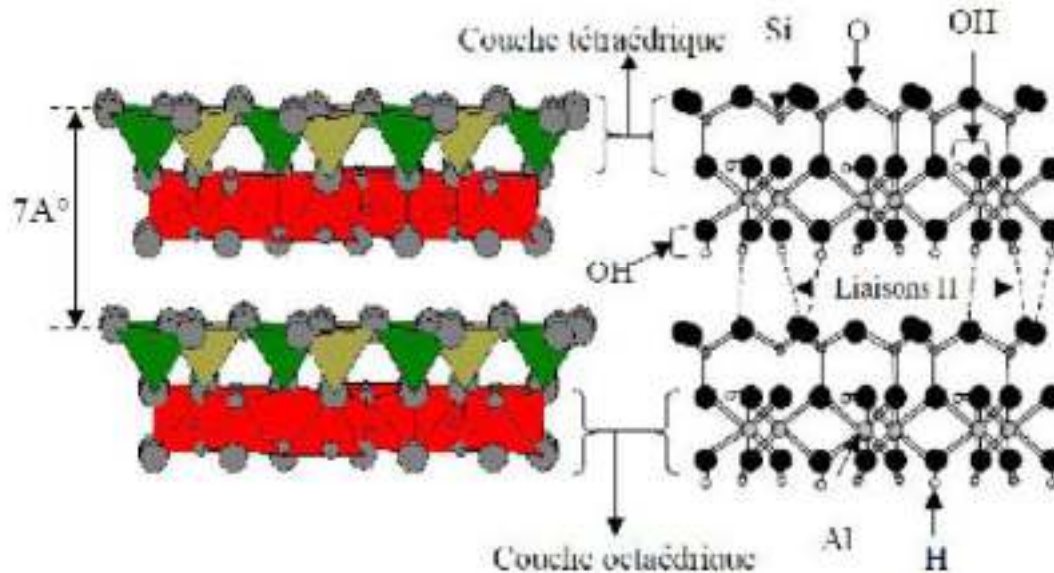
**Tableau I. 1 :** Classification des minéraux argileux selon la proportion et la composition des couches T et O [12].

**I-4-1-Minéraux de type TO :**

Le feuillet est formé par la juxtaposition d'une couche tétraédrique et une couche Octaédrique. Les cristallites des minéraux de type TO ont leurs feuillets successifs empilés de telle sorte que le plan des atomes d'oxygène d'un feuillet se trouve en face de celui des Groupements d'hydroxyles du feuillet voisin. Des liaisons hydrogènes inter feuillets stabilisent Alors l'empilement (figure 4). Cet assemblage peut se faire pour

différentes positions des deux Plans, ce qui entraîne des déplacements relatifs des feuillets et détermine le système cristallin du minéral [2].

L'ensemble des charges est reparti de telle sorte que le feuillet est électriquement neutre. La cohésion des feuillets est assurée par des ponts hydrogènes. Dans ce sous-groupe d'argiles, on peut citer la famille des kaolinites (la kaolinite, la dickite et la nacrite) et l'halloysite [11]. L'équidistance caractéristique est environ  $7.1 \text{ \AA}$  [3].



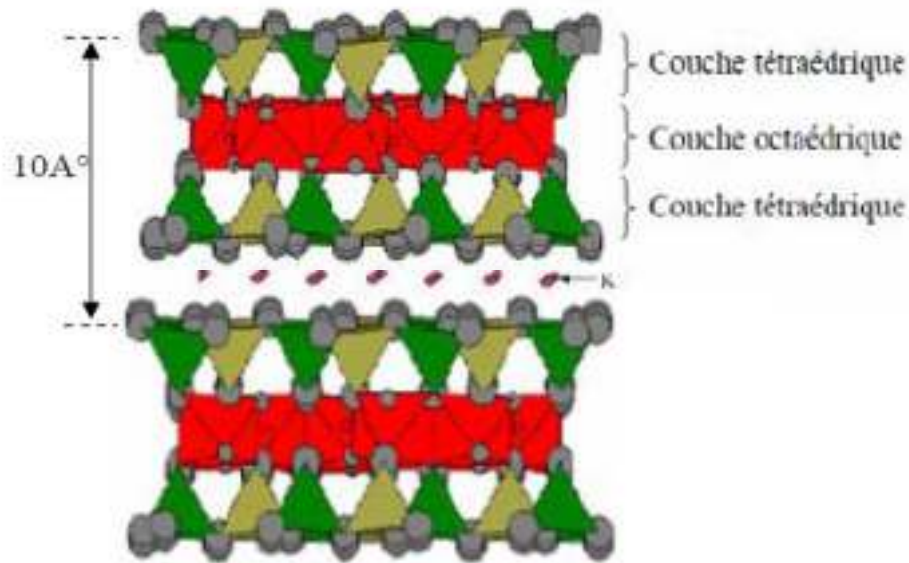
**Figure 1.5 :** Représentation des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdres alumineux d'un minéral de type TO [2].

#### I-4-2-Minéraux de type TOT :

Ce type de minéraux résulte de la combinaison d'une couche octaédrique placée entre deux couches tétraédrique (figure 5). Les minéraux présentant cette structure sont très nombreux, car les substitutions sont fréquentes aussi bien dans la couche tétraédrique que dans la couche octaédrique, ce qui entraîne la présence de différents cations nécessaires à la neutralisation électrique. La nature de ces cations et leur liaison plus ou moins intime avec le feuillet qu'ils relient, multiplie les espèces chimiques et modifie les propriétés physicochimiques des minéraux [2].

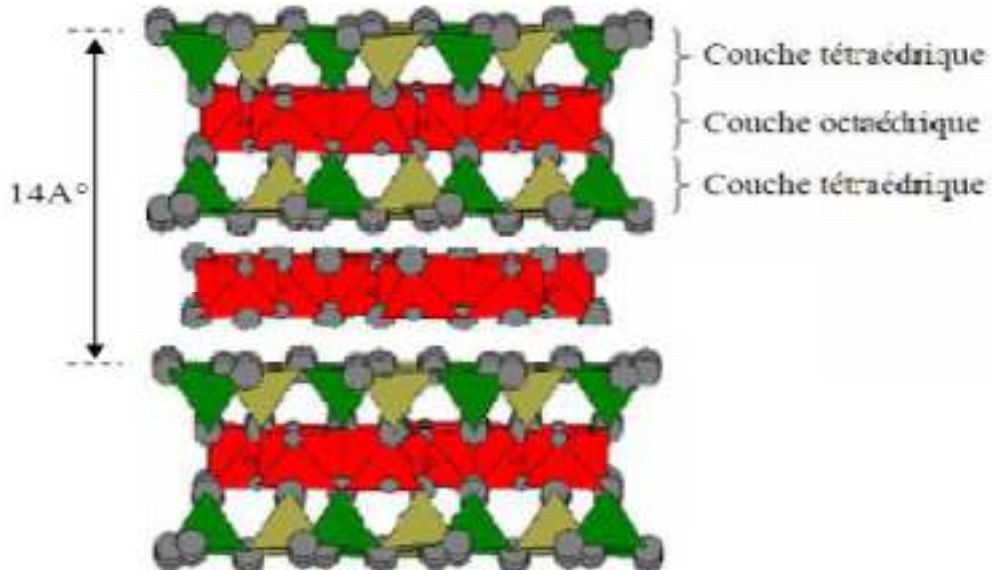
L'équidistance caractéristique varie de  $9.4$  à  $15 \text{ \AA}$  selon le contenu de l'interfeuillet.

A ce type correspondent les groupes du talc, des smectites, des vermiculites et des micas [3].



#### I-4-3-Minéraux type TOTO :

Ces minéraux sont issus de la combinaison de deux couches octaédriques avec deux couches tétraédriques. La charge du feuillet est compensée par une couche interfoliaire d'octaèdre contenant des atomes d'aluminium et/ou de magnésium (figure 6)[2]. L'équidistance caractéristique est alors d'environ  $14\text{Å}$ , à ce type correspond le groupe du chlorite [3].



**Figure I. 6 :** Représentation des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdres Alumineux d'un minéral de type TOTO [2].

#### I.4.4. Minéraux inter stratifiés :

Les similitudes dimensionnelles, à micro échelle, des différentes argiles, permettent l'inter stratification de plusieurs types de feuillets. Parmi les inter stratifiés les plus fréquents, Citons : illite-smaltite, entre argiles T-O-T, mais aussi inter stratifiés entre argiles



**I. 5. 2. Smectites :**

Cette famille d'argile regroupe les montmorillonites, les bentonites, les saponites, Lesnontronites, les beidelites, Ces différentes Argiles sont connues pour leur capacité à piéger les molécules d'eau. Elles sont appelées Argiles gonflantes. Sous l'action de l'eau, elles peuvent augmenter leur volume jusqu'à 30%. En piégeant l'eau elles fixent aussi des cations permettant les échanges par Adsorption. Elles prennent une texture de type gel, pouvant transporter des ions ou des molécules actives, cette propriété est à la base des technologies de pansements pour le tube digestif. [8]

**I. 5. 3. Montmorillonite :**

Argile la plus communément récoltée, elle est généralement vendue verte mais Peut-être trouvée sous d'autres coloris : gris, blanc, bleuté. Son nom provient de sa ville D'origine, Montmorillon située dans la Vienne. Elle détient une forte concentration en silice, En minéraux, dont de la potasse, des oxydes de magnésium, de fer, de anganèse, D'aluminium, de la soude, ... D'une rare pureté, l'argile Montmorillonite présente des qualités et des attraits supérieurs à n'importe quelle autre Argile verte. Ceci explique que c'est l'argile la plus commune à la vente.

**I.6.4 Attapulgite ou Bentonite :**

L'origine du nom attapulgite provient du site d'Attapulcus, en Géorgie aux États-Unis, bien qu'également découverte à Mormoiron dans le Vaucluse en France et en Floride. Sa forme commerciale est appelée palygorskite. Argiles attapulgite ou bentonite, dont le nom vient de Fort Benton, aux États-Unis, ont un fort pouvoir absorbant. Retrouvées dans la composition de pansements gastriques, dans le traitement d'ulcère de L'estomac, constipation, diarrhée, reflux gastrique... Elles sont aussi utilisées dans les Litières pour chat.

La terre de Sommières et la terre de Carpentras, qui sont des bentonites, se voient dotées D'un fort pouvoir absorbant, jusqu'à 80 fois leur poids en eau, leur permettant de détacher À sec et sans laisser d'auréoles, des taches grasses, sur les surfaces fragiles telles que Textiles, ameublements, tapis, cuirs, marbres, ... Elles peuvent aussi être utilisées pour absorber, neutraliser les taches d'urine.

La bentonite a une origine volcanique et hydrothermale. Certaines bentonites sont ches En sodium, d'autres en calcium, potassium ou magnésium. Les bentonites à base de Sodium sont dotées de très grandes capacités d'absorption des liquides et susceptibles de Se transformer en gel à partir d'une certaine concentration. En présence d'eau la bentonite gonfle de 10 à 15 fois son volume initial et absorbe 6,5 fois son poids en eau. Ayant la faculté de favoriser la pénétration des principes actifs à travers la peau, elle est incorporée aux cosmétiques naturels. Appelée également terre à Foulon, la bentonite est aussi capable d'absorber les protéines et de réduire l'activité des enzymes. [4] Ce sont les bentonites riches en calcium qui sont utilisées au niveau de la Sphère digestive.

**I.5.5 Illites :**

Son nom fait référence à l'Illinois, aux États-Unis où elle a été étudiée. Sa composition est riche en calcium (14%), en fer (9%) et pauvre en magnésium. Elle présente un bon

pouvoir d'absorption (défini dans le chapitre 1.3.1) environ 25 % de son poids et un faible pouvoir d'adsorption. Cette argile est retrouvée dans le nord de la France où elle est connue pour ces propriétés. Malgré sa composition, elle est tout de même de qualité inférieure à la Montmorillonite. Elle se révèle néanmoins avoir un pouvoir d'absorption important. On l'utilise en tant que cataplasme épais à appliquer sur les contusions diverses (entorse...), ou encore pour absorber des impuretés (déchets organiques, micro-organismes,...).

#### **I.5.6 Vermiculites :**

Les vermiculites sont des argiles ayant une origine volcanique, riches en magnésium. Elles sont formées par hydratation de minéraux basaltiques. Lorsqu'elle est chauffée, elle éprouve un phénomène de dilatation, la rendant particulièrement utile comme isolant thermique pour les constructions, ce matériau ayant une faible masse, une incapacité à brûler et étant imputrescible et inaltérable. [ 9 ]

#### **I.5.7. Chlorites :**

Ce nom leur a été attribué pour leur couleur verdâtre, du grec « chlorose » signifiant vert. Des chlorites de couleur jaune, rouge ou blanche sont également retrouvés. De structure similaire aux illites et smectites, l'espace entre leur feuillets abrite une couche supplémentaire d'hydroxyde de magnésium, de fer ou d'aluminium, ... [9]

### **I.6 Propriétés des argiles :**

Les minéraux argileux se caractérisent par quatre propriétés principales :

1. formes et surfaces spécifiques.
2. capacités d'adsorption d'eau et de gonflement.
3. multiples possibilités d'échanges cationiques.
4. activité des argiles

#### **I.6.1 Forme et surface spécifique :**

Les argiles se présentent sous trois formes (Figure I.9) :

En flocons, caractérisés par une même dimension dans les deux directions et une épaisseur équivalente à 1/20<sup>ème</sup> de la longueur.

En latte, avec une dimension plus longue, épaisseur toujours équivalente à 1/20<sup>ème</sup> de la longueur.

En aiguilles, deux dimensions identiques et la 3<sup>ème</sup> beaucoup plus grande (assez rare).

La fine taille des argiles leur confère une surface spécifique importante par rapport au volume des particules. La surface relative augmente avec la diminution du diamètre.

La surface des argiles est supérieure à celle des minéraux de même taille mais de formes différentes. Le rapport épaisseur/largeur est de l'ordre de 20 pour les argiles. Les propriétés des argiles sont

principalement contrôlées par leurs surfaces.

Les particules d'argiles présentent des surfaces spécifiques très importantes et peuvent de ce fait attirer un grand nombre de molécules d'eau et d'ions, et exercer entre elles

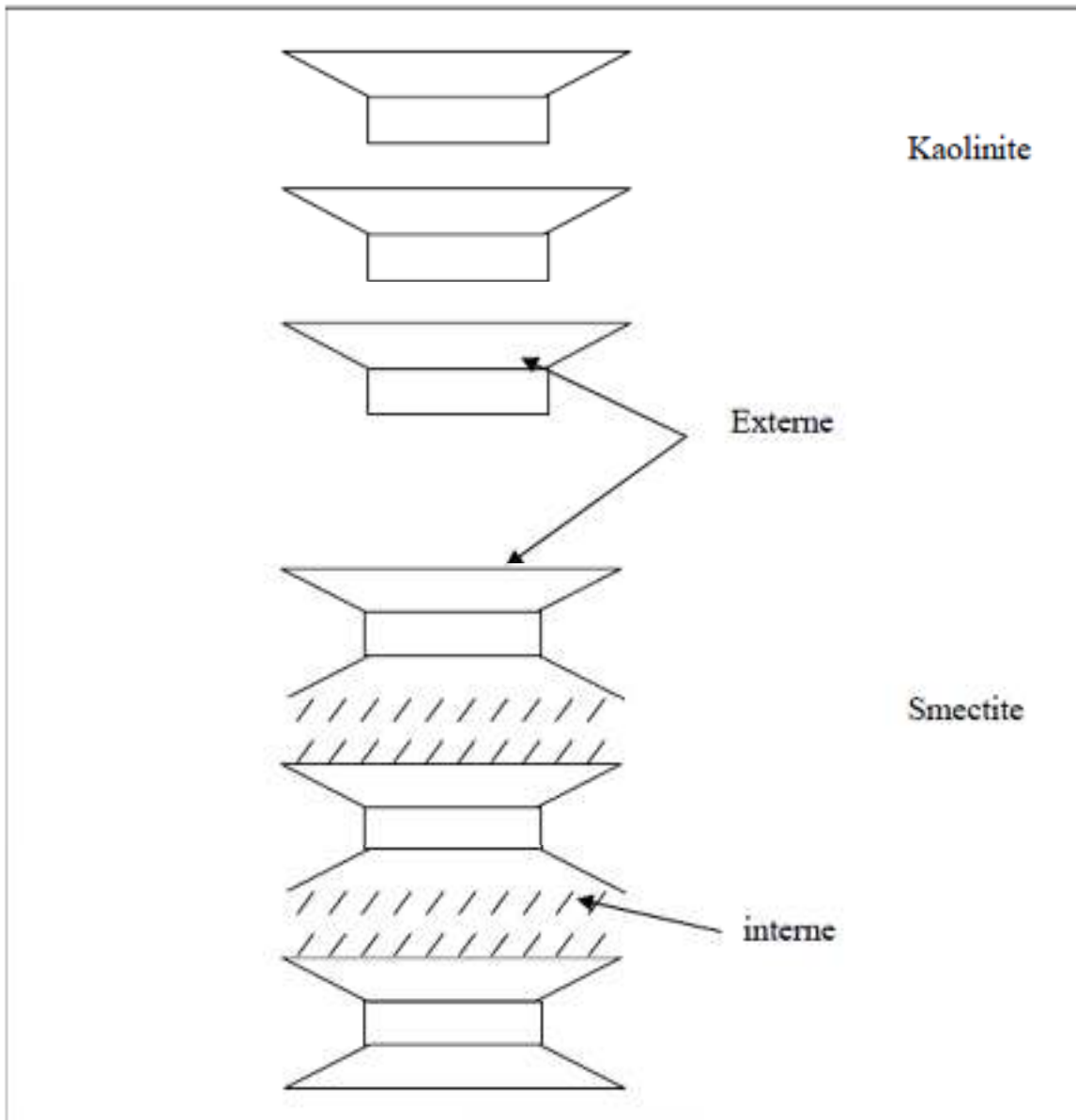
d'importantes Forces d'interactions. Ces forces influent amplement sur le comportement mécanique des argiles.

L'intensité de la charge électrique est liée à la surface spécifique de la particule. Dans le cas des Argiles, cette surface varie entre 10 à 20 m<sup>2</sup>/g et peut atteindre 800 m<sup>2</sup>/g dans le cas de la Montmorillonite sodique. on a noté que le gonflement est d'autant plus fort que la surface spécifique de l'argile est grande.

Le tableau I.2 indique les valeurs caractéristiques des surfaces des grandes familles argileuses. La surface totale comprend la surface externe, comprise entre les particules argileuses, et la surface interne, correspondant à l'espace inter foliaire (Figure I.9). Les smectites ont les surfaces totales maximales: surface Smectites > Vermiculites >>> Illites > Kaolinites = Chlorites.

Argile	Surface spécifique (m <sup>2</sup> /g)		
	Interne	Externe	Totale
Smectite	750	50	800
Vermiculite	750	<1	750
Illite	5	25	30
Kaolinite	0	15	15
Chlorite	0	15	15

*Tableau I.2: Surface spécifique des particules argileuses (9).*



### I.6.2 Capacité d'échange cationique :

Les liaisons entre les particules des sols formant les minéraux argileux sont influencées par la magnitude de la charge négative résiduelle des minéraux (due aux substitutions isomorphiques) dans le réseau cristallin, de la concentration et de la distribution des cations disponibles pour équilibrer cette charge. La capacité d'échange représente donc, la charge (sous forme de cations attirés à la surface de la particule) nécessaire pour l'électroneutralité. La capacité d'échange cationique est exprimée en milliéquivalents par 100g d'argile. Les mesures expérimentales de cette capacité d'échange effectuées pour la montmorillonite (Olphen, 1971) et pour la kaolinite par (Samson, 1954) ont mis en évidence l'influence du pH de l'eau du sol sur cette propriété (cité par Hafsi, 1993). Le tableau I.4 regroupe, les valeurs de surface spécifique et de la capacité d'échange des différentes familles d'argile pour une solution neutre (pH=7).

Argiles	C.E.C (meq/100gr)	Sst (m <sup>2</sup> /g)
Montmorillonite Na <sup>+</sup>	150	800
Montmorillonite Ca <sup>++</sup>	80	300
Illite	10-40	40-60
Kaolinite	3-15	5-20
Elément non argileux	-	1-3

*Tableau I.4 : Capacité d'échange de cations (C.E.C) et surface spécifique totale (Ss) de*

*Quelques argiles.*

### I.6.3 Activité des argiles :

Skempton (1953), a considéré que les valeurs des limites d'Atterberg sont liées à la Quantité d'eau retenue à la surface des particules et donc à la quantité d'argile présente dans le Sol .Cet auteur a défini l'activité d'une argile par le rapport de l'indice de plasticité (IP) et du Pourcentage des éléments inférieurs à deux microns ( $C_2 < 2 \mu\text{m}$ ).

$$A_1 = IP/C$$

### I.7. Le caractéristiques des l'argile:

Nom	Type	Diametre d'une particule (cm)	Surface spécifique en m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	C.E.C en m eq /100 g
Kaolinite	1:1	0,1 – 4	10 - 30	25 – 40
Illite	2:1	0,1 – 1	100 - 175	3 – 15
Smectite	2:1	0,1	700 - 840	80 – 100
Vermiculite	2:02:1	0,1	760	100 – 150
Chlorite	02:01:01	0,1	20	5 - 15

*Tableau I.5: Caractéristiques des différentes familles d'argile.*

**I.9. Conclusion :**

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, ilicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, les classifications basées sur l'épaisseur et la structure du feuillet. On distingue ainsi quatre groupes :

- ✚ Minéraux à 7 Å : T:O ,1:1.
- ✚ Minéraux à 10 Å : T:O:T, 2:1.
- ✚ Minéraux à 14 Å : T:O:T ,2:1.
- ✚ Minéraux inter stratifiés : L'épaisseur du feuillet est variable.

# **Chapitre II**

**Traitement des eaux usées  
par l'argile**

**Chapitre II :****Traitement des eaux usées par l'argile****II.1- Introduction :**

En général, le traitement des eaux usées se fait en plusieurs étapes. Ce traitement a pour objectif de débarrasser l'eau de certaines matières organiques, matières solides, nutriments, organismes pathogènes et autres polluants, ou d'en réduire la quantité, avant d'être rejetées dans l'environnement ou réutilisée.

**II.2- Définition des eaux usées :**

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique (eaux ménagères lessives, cuisine et bain ainsi que les eaux de vannes, industriel, artisanal, agricole ou autre).

Une personne consomme en moyenne 150 à 200 litres d'eau potable par jour. Une fois utilisée, elle devient de l'eau dite « eau usée » [8].

**II.3- Origine et Composition des eaux usées :**

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue entre quatre catégories d'eaux usées :

**A. Les eaux usées domestiques :**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, ...etc. et en eaux 'vannes' sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [8].

**B. Les eaux industrielles :**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures.

**C. Les eaux agricoles :**

L'agriculture est une source de pollution des eaux car elle apporte les engrais et les pesticides.

**D. Les eaux pluviales :**

On entend par eaux pluviales, les eaux issues du ruissellement des toitures, des terrasses, des parkings et des voies de la circulation. Leur destination est le milieu naturel [8].

**II.4 - Types de pollutions des eaux usées :**

Généralement la pollution des eaux usées se manifeste sous les formes principales suivantes :

**A. Pollution organique :**

La pollution organique des eaux urbaines se compose principalement de protéides, de glucides et de lipides ainsi que des détergents utilisés par les ménages. Il est à noter l'existence d'autres substances organiques utilisées ou fabriquées industriellement, c'est le cas des phénols, des aldéhydes, des composés azotés.

**B. Pollution minérale :**

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tels que les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le plomb, le mercure, le chrome, le cuivre, le zinc et le chlore. Ces substances peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu, perturber l'activité bactérienne en station d'épuration, affecter sérieusement les cultures (physiologique et rendement).

**C. Pollution microbiologique :**

Les eaux usées sont des milieux favorables au développement d'un très grand nombre d'organismes vivants, dont des germes pathogènes souvent fécaux. On les trouve dans les effluents hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ou encore dans le déversement de nombreuses industries agro-alimentaires (abattoirs, élevage agricoles...) [9].

**II.5- Utilisation des argiles dans le traitement des eaux usées :**

Ces dernières années plusieurs travaux ont porté sur l'utilisation des argiles dans le traitement des eaux usées, les résultats obtenus sont très encourageants, à titre d'exemple nous allons donner des résumés des travaux de Samaké, Cheknane, Bouazza, et Meçabih.

**➤ Travaux de SAMAKE :**

Drissa SAMAKE a étudié des méthodes de traitement d'effluents, en particulier ceux d'une tannerie du Mali (TAMALI), pour l'élimination du chrome en utilisant de préférence un matériau local peu onéreux et bon adsorbant: l'argile. Le travail de Samaké mis en évidence une interaction qui diminue l'adsorption du chrome contenu dans des effluents de tannerie sur l'argile.

Le travail dans cette identification de composés organiques présents dans les effluents de la tannerie du Mali (TAMALI) afin de voir l'influence de ces composés sur l'adsorption du chrome présent de cette eau sur l'argile. [10].

➤ **Travaux de CHEKNANE B :**

CHEKNANE a étudié les performances relatives à l'adsorption sur certaines argiles organon- organiques, ces derniers ont manifesté, d'une manière générale, une grande affinité adsorbant-adsorbat envers tous les solutés utilisés.

L'étude de l'adsorption en système discontinu a montré que les grains préparés se caractérisent par des capacités d'adsorption importantes, surtout à pH= 6 avec des rétentions de l'ordre de 250 et 600 mg.g-1 pour des concentrations résiduelles de 70 mg.L-1 respectivement pour les fractions (700-800 $\mu$ m) et (300-400 $\mu$ m) [11].

➤ **Travaux de BOUAZZA :**

BOUAZZA a étudié l'élimination des polluants organiques par des argiles naturelles. Elle a testé trois argiles de différentes régions d'Algérie: la bentonite de Maghnia, le kaolin de Mila et le feldspath de Guelma en vue d'éliminer des polluants organiques: colorants industriels (le Rouge Bimacide, le Bleu Bimacide, Jaune Dianix et Bleu Dianix), phénol et le pesticide (méthonate).

Elle a étudiée l'influence du pH, de la température du milieu et de la vitesse d'agitation sur le pouvoir adsorbant des argiles étudiées vis-à-vis des polluants utilisés.

Elle a étudiée l'influence du pH, de la température du milieu et de la vitesse d'agitation sur le pouvoir adsorbant des argiles étudiées vis-à-vis des polluants utilisés.

Les résultats obtenus lors de cette étude à l'échelle laboratoire, confirment l'intérêt pratique et économique de l'utilisation des argiles dans le domaine de la dépollution des eaux contaminées par les polluants [11].

**Z. Meçabih, S. Kacimi et B. Bouchikhi**

Dans ce travail Meçabih et al. ont étudiés l'adsorption des matières organiques des eaux usées urbaines sur une bentonite modifiée par Fe(III), Al(III) et Cu(II).

La bentonite Maghnia (ouest d'Algérie), composée principalement de montmorillonite, a été purifiée, saturée au sodium (Na<sup>+</sup>) et modifiée par du fer (III), de l'aluminium (III) et du cuivre (II). Ces espèces minérales sont insérées par couple (Fe-Al, Fe-Cu et Al-Cu) dans l'espace inter-feuillets de la bentonite (B). Ces produits sont appliqués pour adsorber les matières organiques (MO) des eaux usées de la ville de Sidi Bel-Abbés. Ces eaux sont très chargées et elles présentent de forts paramètres de pollution, en particulier les matières en suspension (MES). Les valeurs de la DCO montrent que la proportion des eaux résiduaires d'origines industrielles est faible. Celles de la DBO5, dont la valeur moyenne ne dépasse pas 300 mg/L, caractérisent une eau usée domestique purement humaine. Les matières organiques (MO) représentent environ 60 % de MES.

Les systèmes utilisés adsorbent bien les matières organiques des eaux usées. Les taux de fixation des MO sont 76,0, 82,6 et 87,7 % pour Al-Cu/B, Fe-Cu/B et Fe-Al/B. Pour la bentonite seule, ce taux est de 67,1 %[12].

**II.6.Traitement des eaux usées au niveau(STEPD) :**

1-Prétraitement.

2-Traitement primaire.

3- Traitement secondaire (Biologique).

4-Traitement tertiaire.

**II.6.1.Le prétraitement :**

En ce qui concerne le traitement des eaux usées, la première étape consiste à retirer les débris de l'eau dès qu'elle entre dans l'usine, c'est-à-dire du bois, des vêtements, du plastique, du verre, du métal, du sable ou du gravier. Il s'agit du traitement préliminaire.

**II.6.1.1-Le dégrillage :**

La première étape du prétraitement est le dégrillage qui permet de séparer les déchets solides (papiers et plastiques essentiellement) des eaux usées qui arrivent à la station. Un râtelier vient régulièrement débarrasser ceux-ci de la grille. Ces papiers et plastiques sont ensuite collectés.

**➤ La grille :**

Est un ensemble des barreaux de section souvent rectangulaire.  
Son épaisseur (1-2 cm)  
L'espacement d'entre deux barreaux :  
Grille grossière :( 4-10cm). Grille fine :( 1.5 -4cm)

**II.6.1.2- Le Dessablage :**

Le dessablage est plus en plus associé dans le même ouvrage au déshuilage. Il a pour but d'extraire des eaux brutes les sables, les graisses et particules minérales plus ou moins fines en suspension, de manière à éviter l'abrasion des pompes et conduites en aval. Le sable se dépose dans le fond de l'ouvrage, est raclé ou sucé par pompes montées sur pont roulant. Le volume extrait par habitant et par an est de l'ordre de 5 à 12 dm<sup>3</sup>.

**II. 6.1.3 .Le Déshuilage et Dégraissage :**

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de l'effluent brut, les huiles et les graisses étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau.

**II.6.1.4 .Traitement primaire :**

Si les prétraitements visent à l'élimination des matières solides, des sables, et de matières minérales le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension et constitue un pré-épuration non négligeable quoique insuffisante pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques.

Les matières décantables se déposent au fond ou flottent à la surface par différence de densité ou après adjonction de produits agglomérant les matières et accélérant leur flottation ou leur sédimentation.

#### **II.6.1.5. Décantation :**

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation des MES et des colloïdes, un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux.

Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité.

La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels: grosseur et densité des particules.

#### **II .6.1.6- Coagulation –floculation :**

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation : la coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension .La floculation a pour l'objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées.

#### **II.6.3- Traitement secondaire :**

Les techniques d'épuration biologiques utilisent l'activité des bactéries dans l'eau qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est -à- dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est -à-dire nécessitant un apport oxygène.

#### **II.3.4- Traitement Tertiaire:**

Les traitements complémentaires appelés aussi tertiaires, avancés, ou de finissage, sont des procédés qui permettent d'améliorer la caractéristique d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physico –chimique.

On leur fait appel lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire de milieu récepteur ou en raison d'une réutilisation immédiate.

Ces procédés ont notamment pour but:

- ✓ L'élimination de l'azote et du phosphore.
- ✓ La désinfection.

**II.7.Conclusion :**

Les conséquences de la pollution des eaux usées sont multiples, que se soit directement ou indirectement sur l'homme ou indirectement sur le milieu où il vit. L'assainissement des eaux usées, répond donc à ces deux préoccupations essentielles en vue de préserver les ressources en eaux et le cadre de vie.

# **Chapitre III**

## **Les polluants et les colorants**

## Chapitre III :

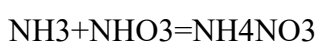
## Les polluants et les colorants

### III .1.Le nitrate d'ammonium :

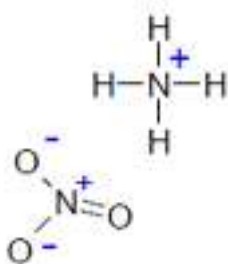
#### III.1.1.Définition :

Le nitrate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) est un sel blanc, n'est pas un composé naturel ils a été élaboré pour la première fois en 1659 par Hans Rudolf Glauber, quil'appela « nitrum flammans » en raison de la différence entre la couleur jaune de sa flamme et de celle du nitrate de potassium.

Le nitrate d'ammonium est produit principalement à partir d'ammoniac et d'acide nitrique selon la réaction :



De nos jours son volume de production en fait le plus important des composés azotés .il est utilisé principalement comme engrais \* azoté et comme agent entrant dans la composition des explosifs civils et militaires. [16]



*Figure.III. 1 : structure de nitrate d'ammonium*

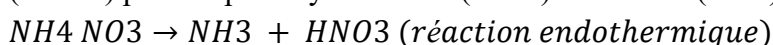
#### III.1.2.propriétés physicochimiques :

2-1 État physique	Cristaux blancs inodores, hygroscopiques.
2-2 Température de fusion	169,6°C
2-3 Densité relative à l'eau (eau = 1)	1.725
2.4 Température d'auto-inflammation	Non applicable
2.5 Point d'éclair	Non applicable
2.6 Limite d'explosivité dans l'air	Non applicable
2-7 Enthalpie de formation - à l'état solide - en phase gazeuse Enthalpie de décomposition	-1091 k cal/ kg -878,28 k cal/ kg ou -70,3 k cal/ mole -118,04 k J/ mole
2-8 Chaleur d'explosion - Eau (liquide) - Eau (vapeur)	627 k cal / kg 379 k cal / kg
2-9 Volume de détonation	980 L-1 /kg
2-10 Bilan d'oxygène	20 g % (oxydant)

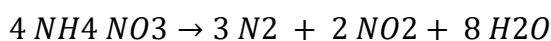
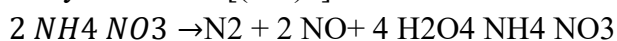
2-11 Solubilité :	2.11.1 Eau	846 g.l-1 à 20 °C 1306 g.l-1 à 100°C
	2.11.2 Solvants organiques	Légèrement soluble : alcools (méthanol, éthanol); acétone
	2.11.3 Coefficient de partage octanol/eau (KoW)	Non applicable

**III.2.RÉACTIVITÉ :****III.2.1 Stabilité :**

Stable à température ambiante ( produit pur) Décomposition progressive à partir du point de fusion (169°C) libérant d'abord de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et de l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) puis du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub> O) et de l'eau (H<sub>2</sub>O).



Décomposition rapide à partir de 210°C, selon un mécanisme ionique mettant en jeu le cation nitronium (NO<sub>2</sub><sup>+</sup>). Décomposition complète au dessus de 300°C selon un mécanisme radicalaire avec formation finale de diazote (N<sub>2</sub>), d'oxydes d'azote [(NO)<sub>x</sub>] et d'eau.



Formation secondaire d'oxydes d'azote (NO)<sub>x</sub> dont le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), brun-orangé .

Au delà de 300°C, la décomposition est complète et devient explosive vers 400°C.

La présence d'ions chlorure (NH<sub>4</sub>Cl...) par effet synergique, abaisse la température de décomposition du nitrate d'ammonium selon la réaction :



Il doit en être de même avec d'autres produits chloro-azotés comme le trichlorure d'azote (NCl<sub>3</sub>) De même la présence de fer divisé (rouille...) ou de cuivre divisé abaisse la température de décomposition. Explosif sous confinement et forte chaleur.[16]

**III.2.2. Réactivité avec l'eau :**

Dissolution endothermique. pH~4.5 (solution à 10%) En présence d'un défaut d'eau (humidité), agglomération du nitrate d'ammonium sous forme de granulés poreux plus facilement explosibles.

**III.2.3.Réactivité avec le dioxygène :**

Non réactif (non auto-oxydable)

**III.2.4.Réactivité liée au pouvoir comburant :**

Réaction oxydante violente à chaud avec les composés organiques réductibles (hydrocarbures...)

Réaction oxydante violente avec divers réducteurs minéraux :

- Métaux divisés (Zn, Mg, Fe, Cu...)

- Non - métaux (Soufre...)

Réaction violente avec des oxydants puissants (CrO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>...)

Réaction moins violente avec l'hypochlorite de sodium (NaOCl) et le dichloroisocyanurate de sodium (C<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>Na).

### **III.2.5. Réactivité avec d'autres composés :**

Les acides forts (HCl.), les corps pulvérulents (poudres de verre, de carbone...) peuvent conduire à des réactions explosives.

Effet corrosif sur les métaux usuels (fer..).[16]

### **III.2.6. Incompatibilités :**

Composés minéraux réducteurs (métaux, hydrures, phosphore blanc, soufre...)

Composés organiques combustibles (hydrocarbures...)

Produits pulvérulents (poudre de verre, charbon, graphite...)

Oxydants puissants (CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

### **III.3. Usages et sources d'exposition :**

#### **III.3.1. USAGES ET SOURCES D'EXPOSITION :**

##### **III.3.2. Usages :**

Engrais azoté (ammonitrates et engrais complexes). Les ammonitrates à haut dosage contiennent de 28 à 34.5 % d'azote, dont au moins 80 % de nitrate d'ammonium.

Composant d'explosifs civils (carrières...) et militaires (mines).

Exposition professionnelle dans les unités de production, de conditionnement, de stockage et de transport, dans les lieux d'utilisation (carrières, mines, génie civil...). Sacs réfrigérants pour sportifs (cold pack).[17]

##### **III.3.3. Présence dans l'environnement :**

Produit naturel (sol...), mais par apport excessif, augmentation des cations nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans le sol et les eaux de ruissellement.

##### **III.3.4. Toxicologie :**

###### **III.3.4.1 Toxicité aiguë :**

Molécule peu toxique en toxicité aiguë.

DL<sub>50</sub> (Rat, voie orale) = 2460-2950 mg/kg (ligne directrice OCDE)

Après inhalation de poussières, possibilité d'atteintes irritatives (toux...) et de légers troubles généraux (maux de tête...).

Par contact cutané ou atteinte oculaire, apparition possible de phénomènes inflammatoires (rougeur, conjonctivite...).

En cas d'injection de fortes doses de nitrate d'ammonium, possibilité de troubles gastro-intestinaux (vomissements, diarrhées, douleurs abdominales...). Le bleuissement des ongles ou des lèvres (signes évidents d'une méthémoglobinémie, ainsi que d'une cyanose plus ou moins intense) peuvent s'observer en cas d'intoxication sévère.

L'ingestion de nitrate d'ammonium (ingestion de 64 à 234 g) contenu dans des sacs réfrigérants a entraîné au niveau stomacal une acidose et une irritation de la muqueuse de l'estomac (gastrite). Dans certains cas on observe des signes de méthémoglobinémie et une légère hypotension liée à la libération d'oxydes d'azote (NO)<sub>x</sub>. [17]

**III.3.4.2 Toxicité à long terme :**

Agent faiblement méthémoglobinisant. L'absorption prolongée de nitrate d'ammonium peut conduire à un bleuissement des lèvres, de la peau et des ongles. Possibilité de troubles nerveux (convulsions...) et cardiaques (tachycardie...). Possibilité de formation de nitrosamines (en milieu stomacal) impliquées dans les processus génotoxiques, surtout gastro-intestinaux.. [17].

**III.3.5. Impact sur l'environnement :**

Non bioaccumulable Peu toxique pour la vie aquatique.  
L'anion nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) est mobile dans les écosystèmes. Le cation ammonium (+NH<sub>4</sub>) est absorbé par le sol Dangereux à forte concentration pour les organismes aquatiques. Possibilité d'effet fertilisant (prolifération d'algues).

➤ **Ecotoxicité**

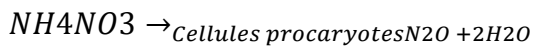
CL50 sur *Aspergillus niger* : 15 mg L<sup>-1</sup> à 36°C

CL50 sur *Daphnia magna* (daphnie) : 340 mg L<sup>-1</sup>

CL50 sur *Brachydanio rerio* (poisson): 650 mg L<sup>-1</sup>

➤ **Biodégradation**

Biodégradation par la flore du sol (bactéries, champignons...) sous forme de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) volatil, impliqué dans l'effet de serre.



Dans les milieux aquatiques, bien aérés, les anions nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont plus persistants que les cations ammonium (+NH<sub>4</sub>). Par contre en milieu anaérobie, la dégradation des nitrates est beaucoup plus rapide.[17].

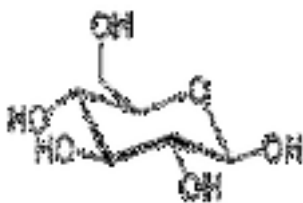
➤ **Glucose Définition**

Le glucose est un aldohexose, principal représentant des oses. Par convention, il est symbolisé par Glc.

Il se présente sous forme d'une poudre blanche, d'une saveur sucrée caramélisant à partir de 150 °C. Il est soluble dans l'eau, l'éthanol et la pyridine mais insoluble dans l'éther diéthylique et les solvants organiques.

Structure

Le glucose (synonyme dextrose quand il s'agit de D-glucose) est un ose simple et surtout un aldohexose. Il présente la même formule brute que ses isomères, surtout le mannose ou le fructose : C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>. La masse molaire du glucose est de 180, 156 g.mol<sup>-1</sup>. [17].

 <p>Propriétés chimiques</p>	
Formule brute	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> [Isomères]
Masse Molaire	180, 156138 g·mol <sup>-1</sup> C 40%, H 6, 71%, O 53, 29%,
Propriétés physiques	
T° fusion	146 °C (α, D), 150 °C (β, D)
Solubilité	Dans l'eau (470 g. L <sup>-1</sup> ).
Masse volumique	
Thermochimie	
ΔfH <sub>0</sub> solide	1273, 3 kJ. mol <sup>-1</sup>
Précautions	
Inhalation	Toux
Yeux	Rougeur

#### III.4.1 .L'adsorption du bleu de méthylène :

##### III.4.1.2 .La molécule de bleu de méthylène :

Le colorant de bleu de méthylène a été employé pour déterminer la surface spécifique des minéraux argileux pendant plusieurs décennies. La formule chimique est C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>ClN<sub>3</sub>S, avec un poids moléculaire correspondant à 373,91 g/mol. La figure 3.12.a, montre qu'à l'état aqueux, le bleu de méthylène est un colorant cationique,

$C_{16}H_{18}ClN_3S^+$ , lequel est adsorbé par les surfaces des argiles qui sont chargées négativement. .

La molécule de bleu de méthylène peut être considérée comme un volume prismatique de dimensions  $17,0 \text{ \AA} \times 7,6 \text{ \AA} \times 3,25 \text{ \AA}$ . La surface projetée de la molécule, c'est-à-dire lorsque la molécule de bleu de méthylène se trouve à plat sur sa plus grande face (figure 11.b) a donne  $132 \text{ \AA}^2$  (Johnson, 1957), et  $130 \text{ \AA}^2$  (Kalousek et Blahnik, 1955; Los et Tompkins, 1956;

Hang et Brindley, 1970; Chen et al., 1999 ; Santamarina et al., 2002). En général, on admet que la surface couverte par une molécule de bleu de méthylène (ABM) est  $130 \text{ \AA}^2$ . [18].

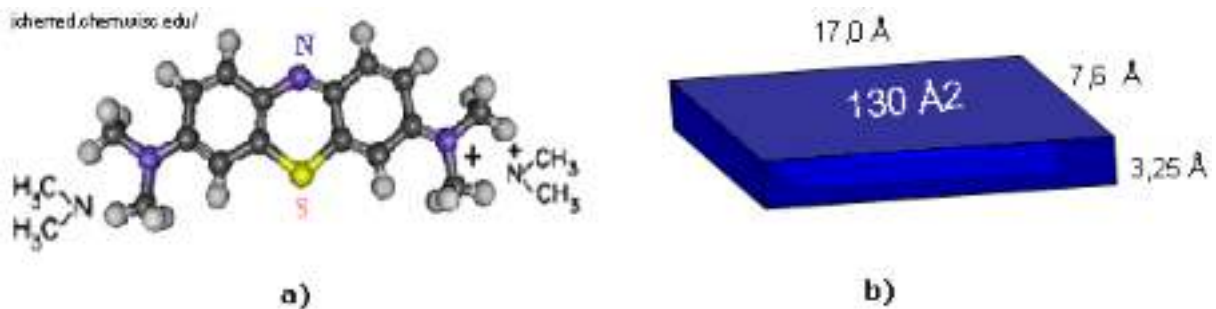


Figure III.1 : Molécule de bleu de méthylène; a) Structure chimique

➤ **Volume rectangulaire :**

D'autre part, des études ont montré que l'aire couverte peut varier de façon suivante: premièrement, si la molécule est inclinée de 65-70 degrés par rapport à la surface d'étude, l'aire couverte est  $66 \text{ \AA}^2$  ; deuxièmement, si l'axe longitudinal est orienté perpendiculaire à la surface, l'aire couverte est égale à  $24,7 \text{ \AA}^2$ . Ainsi, on peut observer que l'incertitude dans l'estimation de l'aire couverte peut affecter la valeur de la surface spécifique de plus de 100%.

**III.4.1.3. Principe d'essai :**

Il consiste à déterminer la capacité d'adsorption ionique d'un sol en mesurant la quantité de colorant de bleu de méthylène nécessaire pour recouvrir la surface totale, externe et interne, de toutes les particules argileuses présentes dans la solution à étudier par une monocouche de bleu de méthylène (figure 11,b). On appelle cette quantité, la valeur au bleu, notée VB et exprimée en grammes de bleu par grammes de sol, tel que montre l'équation 3.3 :

$$VB = \frac{V_{BM}}{M_{sol}} \left( \frac{ml}{g} \right) \quad (3.3)$$

Où :  $V_{BM}$  est la quantité de bleu de méthylène adsorbé (ml) et  $M_{sol}$ , masse sol sec de la prise d'essai (g)

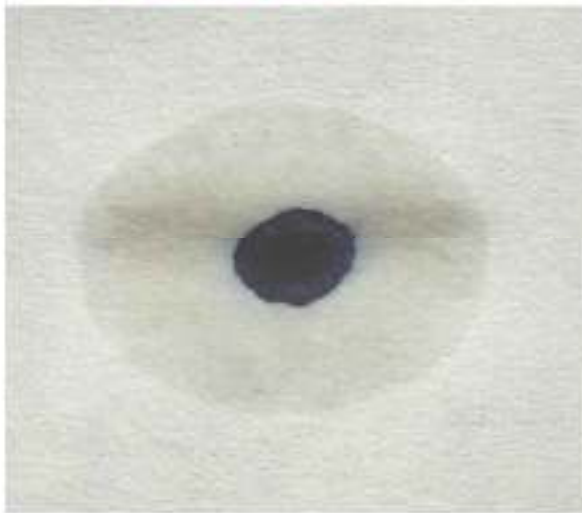
Le principe de cet essai repose sur la base d'échanges ioniques ayant lieu entre les cations d'argile facilement échangeables et les cations de bleu de méthylène libérés lors de sa dissolution dans l'eau. Les particules argileuses ayant une grande surface spécifique ainsi qu'une capacité d'échange ionique importante, la présence de minéraux argileux pourra être mise en évidence par l'emploi de bleu de méthylène. [18]

Sur la base de ce principe, plusieurs méthodes d'essais ont été développées. En général, la méthode conventionnelle, aussi appelée « test de la tache » ou « méthode du papier-filtre » est la méthode la plus ancienne et la plus utilisée. Le test de la tache a été employé pour déterminer la surface spécifique depuis 1957 (Johnson, 1957; Worrall, 1958). L'essai a aussi été utilisé par Ones (1964), Phelps et Harris (1967); Nevins et Weintritt (1967) lors de l'étude de forages pétroliers et plus tard Chen (1974) a repris cet essai pour l'étude des pâtes éramiques.

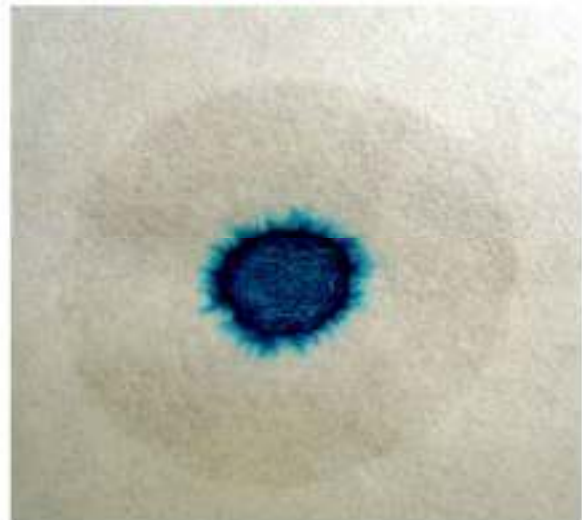
Cependant, l'utilité de la méthode a souvent été remise en question (Hul, 1966; Faruqi et al.,

1967; Bodenheimer et Heller, 1968) et des confusions ont surgi concernant la précision des résultats. La précision peut être améliorée au moyen de techniques analytiques précises pour déterminer la quantité de bleu de méthylène adsorbée. Dans ce cas-ci, un spectrophotomètre est employé (Hang et Brindley, 1970; Lan, 1980), et la valeur de la surface spécifique est Dérivée à partir du point de remplacement complet des cations déterminé sur une courbe de Titration, ce point devant correspondre au point final dans l'essai de la tache (Hang et Brindley,1970).[19]

#### • Test négatif



#### • Test positif



#### III.4.1.3. Calcul de la surface spécifique (S<sub>s</sub>) :

Il faut signaler que la surface spécifique (S<sub>s</sub>) peut être calculée à partir de l'équation 3.4 (Santamarina et al., 2002), grâce à la quantité de bleu de méthylène adsorbée. À l'aide d'un facteur de conversion (FC) et des valeurs au bleu (VB), on peut obtenir les surfaces spécifiques des différents échantillons.

$$S_s = VB * FC$$

$$S_s = \left[ \frac{V_{BM}}{M_{sol}} \right] \left[ m_{BM \text{ sec}} \frac{A_v}{373,91} A_{BM} \right] \left( \frac{m^2}{g} \right) \quad (3.4)$$

Où : VB; est la valeur au bleu du sol exprimée en fonction de : VBM, quantité de bleu de méthylène adsorbé (ml); Msol, masse sec de la prise d'essai (g). FC, est un facteur de conversion exprimé en fonction de : m BM, teneur en bleu de la solution de titrage (g/ml); Av, nombre d'Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$  atomes/mol); ABM, aire couverte par une molécule de bleu de méthylène ( $130 \text{ \AA}^2$ ) et le poids moléculaire du bleu de méthylène (373,91).[19]

## Conclusion Général

Il existe Plusieurs techniques pour l'élimination des pollutions d'eaux usées, mais les procédés naturels n'ont pas des problèmes sur l'environnement parce que ces procédés utilisent la matière naturel.

Ce travail consiste, à établir un traitement (par des procédés naturels en utilisant l'épuration par adsorption sur des argiles) pour les eaux usées parce que ces dernières présentent une pollution très importante. Les argile que nous avons utilisé sont l'argile de **khenchela**.

Ces derniers ont montré une efficacité d'élimination de la matière organique, obtenus pour la DBO5.

La comparaisons de nos résultats avec ceux obtenus par le traitement chimique dans la station d'épuration montre que le traitement des eaux usées par les procédés naturels est plus efficace.

Comme tout travail de laboratoire, nous recommandons une continuité de ce travail en prenant en considération les points suivants:

- Rechercher l'influence de chaque paramètre physico-chimique.
- Caractérisation des matériaux filtrants.
- Approfondir le travail par l'étude d'autres modèles multicouche couche en matériaux locaux pour affiner le modèle de traitement qui pourrait être utilisé dans la lutte contre la pollution des effluents.