

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمّار تليدي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT  
كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
قسم علوم المادة  
DEPARTEMENT SCIENCES DE LA MATIERE



*Mémoire de Master*

**Domaine : Sciences de la Matière**

**Filière : Chimie**

**Option : chimie inorganique**

**Rédigé Par : Guerbati Rekia**

**THEME**

---

*Préparation et caractérisation d'une argile locale  
modifiée par un tensioactif*

---

**Soutenu publiquement devant le jury composé de :**

<b>Mr. Mohamed ben Abdallah TAOUTI</b>	<b>(Pr)</b>	<b>Président</b>
<b>Melle. Fatima Zohra BATANA</b>	<b>(MCB)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mr. Abdelhalim ZOUKEL</b>	<b>(MCA)</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mr. Abdeldjabbar BELBEL</b>	<b>(Ing. Rech)</b>	<b>Co-promoteur</b>

*Année Universitaire 2020/2021*

## Remerciement

Tout a été fait grâce à dieu le tout puissant qui m'a donné la force et l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire Plateau Technique d'analyse Physico-Chimique (PTAPC) à Laghouat. Je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes remerciements les plus vifs envers le directeur, Monsieur **Abdelhalim ZOUKEL** ; mon encadreur pour son encadrement, sa disponibilité et son aide. Merci encore.

Je tiens à remercier monsieur **Abdeldjabbar BELBEL** pour son aide, et son soutien.

Mes remerciements vont aussi au Pr. **MOHAMED BEN Abdallah TAOUTI** et Dr. **Fatima Zohra BATANA** d'avoir accepté de m'honorer de juger ce modeste travail.

Je remercie chaleureusement Pr. **Boubakeur SAIDAT** pour sa grande disponibilité et ses aides.

Je tiens à remercier monsieur **Ali HAROUACHE**, Ingénieur de recherche en laboratoire de PTAPC-L, pour son aide précieuse, ses connaissances et sa grande disponibilité.

J'exprime également ma gratitude à Melle. **Maria ABDELLAOUI** Ingénieur de recherche en laboratoire PTAPC-L pour ses conseils judicieux et surtout ses encouragements.

C'est avec un grand plaisir que je profite de cette occasion pour remercier toute l'équipe de laboratoire PTAPC-L ; surtout : Mr. **Nourdine BOUCHEMAL**, Mm. **Aicha GOURINE**, Mm. **Kheira MECHRAOUI**, Mr. **Zine el Abidine LAKHDARI**, Mr. **Ahmed Yacine DJELLIKH**.

La réalisation de ce mémoire fut une occasion merveilleuse de rencontrer et d'échanger avec de nombreuses personnes. Je reconnais que chacune, à des degrés divers, mais avec une égale bienveillance, a apporté une contribution positive à sa finalisation. Mes dettes de reconnaissance sont, à ce point de vue, énormes à leur égard.

On terminera en pensant, sans les nommer, à tous ceux que j'ai croisé sur mon chemin et qui a contribué à rendre possible mon parcours.

# Dédicace

*A mon bonheur de vie, ma source de joie ceux qui me donne le gout de vivre et d'apprendre; mes parents : mon héros et cher père Mahfoud et ma douce et chère mère Aïcha reçoivent ce travail en témoignage de tous les espoirs que vous aviez placé en moi; comme le fruit de votre patience, confiance, encouragement et la récompense de tous les moments qui vous avez apporté à mon égard.*

*A Mes sœurs: Souad, Nafissa, Karima, Fatima Zohra et Zineb et ces enfants, à mes frères: Abderezzak, Slimane, Sofiane, ces femmes et enfants, à Abdel Kader ceux qui présentent ma colonne vertébrale, qui n'ont jamais cessé de prier pour moi, de me pousser pour avancer et m'encourager. Merci pour votre soutient et pour tous ce que vous avez fait pour moi.*

*A mes tantes et oncles maternels et paternels.*

*A toute la famille Guerbati et Tegggar.*

*A Mes chères amies sœurette ; je cite précisément mes très chères sœurette en pire avant le meilleur; collègues de misère de la cité universitaire: Soumia Hanane. Y, Aïcha. H, Hadda. B, Aïda. D, Abir. B, Linda. D, Asma. K, Maria.C ; merci pour tous ce que vous avez fait pour moi.*

*A tous les enseignants qui m'ont éduqué le long de mon parcours scolaire, à tous les enseignants de sciences de la matière et à tous mes collègues de ma promotion.*

*Enfinement je suis là après un long trajet.*

*A tous qui m'ont aidé et m'ont permis d'avancer, je dédie ce travaille ...*

*Ce n'était pas facile mais je l'ai fait, rien n'est impossible 😊*

**Rekia**

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I</b>		
<b>Figure I.1</b>	Structure générale des phyllosilicates	04
<b>Figure I.2</b>	Représentation schématique des couches tétraédriques et octaédriques des argiles	04
<b>Figure I.3</b>	Eléments structuraux : les tétraèdres	05
<b>Figure I.4</b>	Eléments structuraux : les octaèdres	05
<b>Figure I.5</b>	Classification des phyllosilicates	07
<b>Figure I.6</b>	Principales formes argileuses	09
<b>Figure I.7</b>	Représentation schématique de la structure d'une montmorillonite	11
<b>Figure I.8</b>	Représentation schématique du tensioactif	13
<b>Figure I.8</b>	Représentation schématique d'arrangement des tensio-actifs dans l'espace interfoliaire d'argile	13
<b>Chapitre II</b>		
<b>Figure II.1</b>	Agitateur ultrasonique marque SONICS- PTAPC Laghouat	14
<b>FigureII.2</b>	Centrifugeuse marque SIGMA- PTAPC Laghouat	15
<b>FigureII.3</b>	Lyophilisateur marque CHRIST- PTAPC Laghouat	15
<b>Figure II.4</b>	Diffractomètre Empyrean, Malvern Panalytical- PTAPC Laghouat	16
<b>Figure II.5</b>	Dispositif d'analyse thermique ATD-ATG couplée marque LabSys- PTAPC Laghouat	17
<b>Figure II.6</b>	Balance Analytiques EXPLORER EX225AD	17
<b>Figure II.7</b>	Ultra purificateur marque : adrona B30	17
<b>Figure II.8</b>	le CTAB	18
<b>Figure II.9</b>	Echange sodique de bentonite	19
<b>Figure II.10</b>	Traitement organophile des argiles	19
<b>Chapitre III</b>		
<b>Figure III.1</b>	Organigramme de l'échange de l'argile brute	21
<b>Figure III.3</b>	Organigramme de la modification de bentonite échangée	23
<b>Figure III.2</b>	Diffractogrammes de la bentonite brute et échangée	24
<b>FigureIII.4</b>	Diffractogrammes de la bentonite-Na et de la bentonite-CTAB (0.8 CEC)	25
<b>FigureIII.5</b>	Diffractogrammes de la Bentonite-Na et de la Bentonite-CTAB (1.5 CEC)	25
<b>FigureIII.6</b>	ATG de Bt-Na	27
<b>FigureIII.7</b>	DTG de Bt-Na	27
<b>FigureIII.8</b>	ATG de Bt-0.8CTAB	28
<b>FigureIII.9</b>	DTG de Bt-0.8CTAB	28

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I-1</b>	Capacité d'échange cationique des principales familles argileuses	08
<b>Tableau II-1</b>	Composition chimique de la bentonite brute (gisement de Maghnia)	18
<b>Tableau III-1</b>	Les masses correspondantes pour chaque concentration	22

## Liste des abréviations

**ATG** : Analyse thermique gravimétrique.

**Bt-CTAB** : Bentonite modifiée par le CTAB

**Bt**: Bentonite

**Bt-Na**: Bentonite sodique

**CTAB** : Le bromure de cetyltriméthyl-ammonium

**$d_{hkl}$**  : distance interfeuillelet (Å)

**DRX** : Diffraction des Rayon X

**DTG** : Thermogravimétrie différentielle

## Sommaire

Remerciement.....	I
Dédicace .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Liste des figures .....	III
Liste des tableaux .....	IV
Liste des abréviations .....	V
Sommaire .....	VI
Introduction générale.....	1

### Chapitre I: Synthèse bibliographique

I.1	Introduction .....	4
I.2	Définition de l'argile.....	4
I.3	Structure de l'argile (Phyllosilicates).....	4
I.4	Classification des phyllosilicates .....	6
I.5	Les propriétés des argiles .....	8
I.5.1	La capacité d'échange cationique .....	8
I.5.2	La surface spécifique.....	9
I.5.3	La propriété de gonflement .....	9
I.5.4	Forme de l'argile .....	9
I.6	L'utilisation des argiles: .....	10
I.7	La montmorillonite .....	11
I.8	Les argiles modifiées .....	12
I.9	Les complexes organo-argileux.....	13
I.10	Les tensioactifs .....	13

### Chapitre II : Matériels et méthodes utilisés

II.1	Introduction.....	15
II.2	Matériels et appareils .....	15

II.2.1 L'agitateur ultrasonique .....	15
II.2.2 Centrifugation .....	16
II.2.3 Lyophilisateur .....	16
II.2.4 Diffractomètre.....	17
II.2.5 Appareils d'analyses thermiques .....	18
II.2.6 Autres appareillages :.....	18
II.3 Produits utilisés.....	19
II.4 Méthode utilisée.....	20
II.4.1 L'échange.....	20
II.4.2 La modification de l'argile : Les argiles organophiles .....	20
<b>Chapitre III: Synthèse t caractérisation de la bentonite modifiée : résultats et discussion</b>	
III.1- Échanges des cations compensateurs .....	22
III.2- Modification des bentonites.....	23
III.3 Caractérisation par diffraction des rayons X: Bentonite brute et Bentonite sodique....	25
III.4-Caractérisation par diffraction des rayons X: la bentonite-Na, la .....	26
bentonite-CTAB (0,8CEC), la Bentonite-CTAB(1,5 CEC) .....	26
III.5Caractérisation thermiques ATG et DTG .....	27
Conclusion.....	30
Perspective.....	30
Référence .....	31

# Introduction générale

## Introduction générale

Le terme argile vient du grec « ARGILOS » où sa racine ARGOS signifie blanc (c'est aussi du latin : ARGILLA). Ce matériau céramique a été utilisé par toutes les civilisations depuis l'antiquité. En raison de son abondance et de ses caractéristiques, il a suscité un grand intérêt dans divers domaines [1].

La formation d'argile est due à l'altération et à la dégradation des roches ou des résidus de roche. L'altération se produit selon deux mécanismes : 1) le processus physique ou mécanique avec une désagrégation. 2) le processus chimique où la présence de l'eau joue un rôle prépondérant. En effet, au contact de l'eau, la roche se décompose en particules très fines insolubles formant principalement des argiles. Les conditions dans lesquelles cette dégradation a eu lieu, ainsi que l'état d'avancement de cette dégradation peuvent expliquer la grande diversité des argiles [2].

Plusieurs travaux ont été effectués dans la littérature montrent que les propriétés physico-chimiques des argiles sont modifiables par la variation des molécules insérés dans la distance inter-lamellaire. Ces argiles « organophiles » sont souvent considérées comme des composés modifiables. Cela a permis de concevoir des nouveaux matériaux argileux adaptés à des applications variées (adsorption, composites etc...).

L'objectif de ce travail est l'augmentation de l'espace interfoliaire d'une argile « type bentonite Algérienne » modifiée par un surfactant (CTAB) pour des futures applications.

L'investigation de cette argile modifiée par la technique de diffraction de rayon X a permis d'avoir accès à des informations liées à l'ordre structural, ainsi que les interactions qui ont lieu entre le surfactant et les surfaces d'aluminosilicates. L'analyse thermique (ATG-DTG), nous a permis de se renseigner sur la stabilité thermique (argile + tensioactif), ainsi, que sur le pourcentage d'eau et de surfactant tensioactif.

Notre travail repose sur les deux étapes suivantes :

- 1- La préparation d'argile modifiée par l'insertion du surfactant dans sa distance inter-lamellaire.
- 2- L'étude de propriétés structurales et thermiques de cette argile modifiée.

Ce mémoire de master s'organise en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous présentons l'étude bibliographique. En plus, les différentes caractéristiques des argiles connues telles que : la structure, la surface spécifique etc.... Les tensioactifs sont aussi détaillés.
- Le second chapitre comporte la présentation des matériels et méthodes utilisés.
- Le troisième chapitre représente la discussion de l'ensemble des résultats obtenus

Enfin, en terminera par une conclusion générale qui présente le bilan et les perspectives de ce travail.

# Chapitre I: Synthèse bibliographique

## I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une étude bibliographique visant à rappeler et à préciser les propriétés microscopiques et macroscopiques les plus significatives des matériaux argileux en particulier la montmorillonite. Nous allons présenter également un aperçu théorique sur la modification des argiles par les cations organiques.

## I.2 Définition de l'argile

L'argile design un matériau que ce soit naturel ou synthétique composé principalement de minéraux silicatés à cristallites très fines. La formation de l'argile naturelle est liée aux altérations physiques, chimiques et même biologiques qui affectent les roches massives mères. La composition chimique des argiles est très semblable à la décomposition moyenne de la surface terrestre. Celle-ci est composée d'au moins de 50% de silicates d'alumine « plus ou moins hydratés », avec la présence de quelques minéraux associés comme des oxydes et hydroxydes de fer, carbonates, quartz....

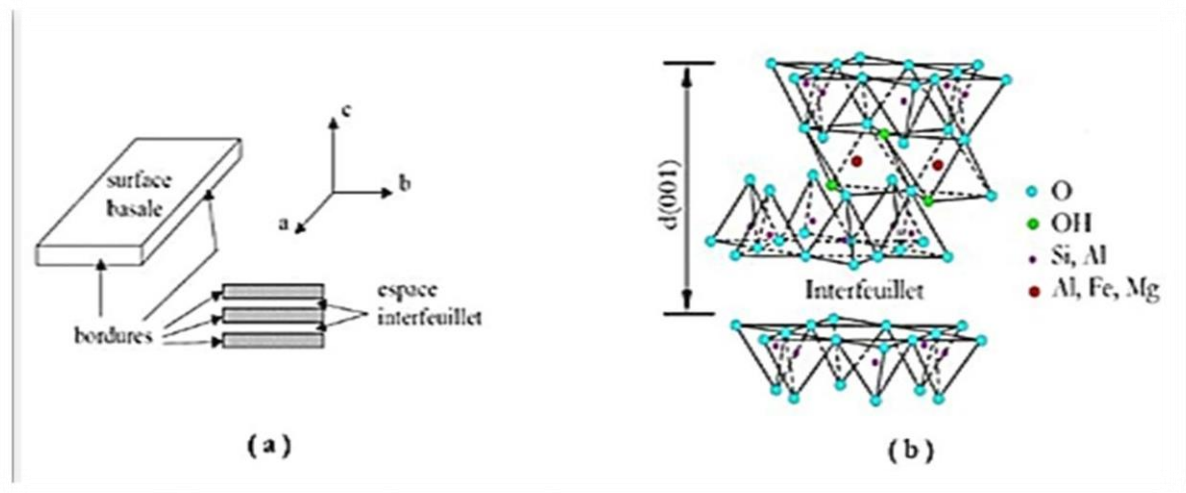
## I.3 Structure de l'argile (Phyllosilicates)

Les argiles sont des aluminosilicates à structure phylliteuse bidimensionnelle [3], ou fibreuse monodimensionnelle. La plupart de ces minéraux font partie du type des phyllosilicates, qui donnent la formule :  $\text{SiO}_4 \dots \text{Al}_2\text{O}_3 \dots n\text{H}_2\text{O}$ . La structure en feuillet des argiles est constituée à partir d'un empilement de feuillets tétraédriques et octaédriques « plans d'anions et de cation associés » [4]. Des études antérieures montrent qu'il existe un espace entre les feuilles qui s'appelle un interfoliaire ou un espace interlamellaire.

On distingue quatre niveaux d'organisation:

- Les plans sont constitués par les atomes.
- Les couches tétraédriques ou octaédriques sont formées par une combinaison de plans.
- Les feuillets correspondent à des combinaisons de couches.

- Le cristal résulte de l'empilement de plusieurs feuillets.



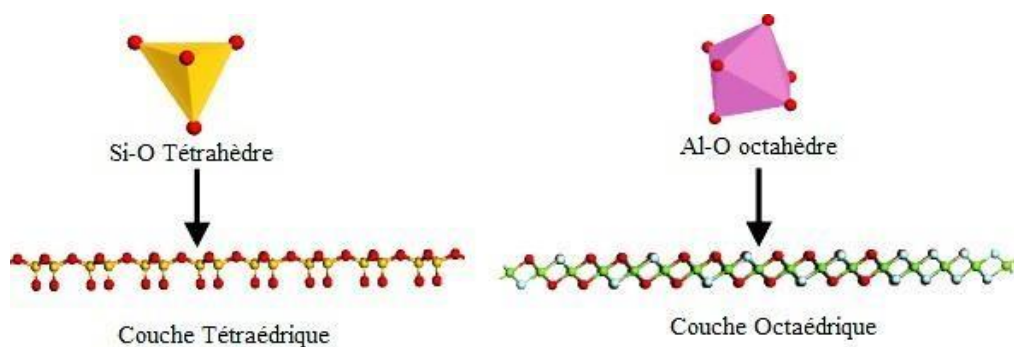
**Figure I.1** Structure générale des phyllosilicates

### *1.3.1 Couche tétraédrique*

Cette couche est formée par l'enchaînement de tétraèdres dont les sommets sont occupés par des atomes d'oxygène et le centre par un atome de silicium (comme il peut être aussi occupé par un atome trivalent  $Al^{+3}$ ).

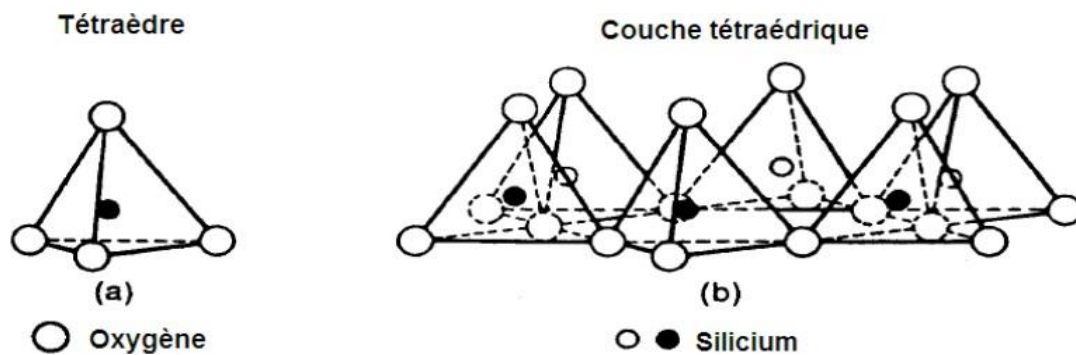
### *1.3.2 Couche octaédrique*

Cette couche est constituée par un enchaînement de plusieurs octaèdres dont les sommets sont occupés par des atomes d'oxygènes et des groupements hydroxyles, conférant ainsi, une structure hexagonale compacte. Les centres peuvent être occupés par des atomes variés de valence trois (Al, Fe) ou valence deux (Fe, Mg)

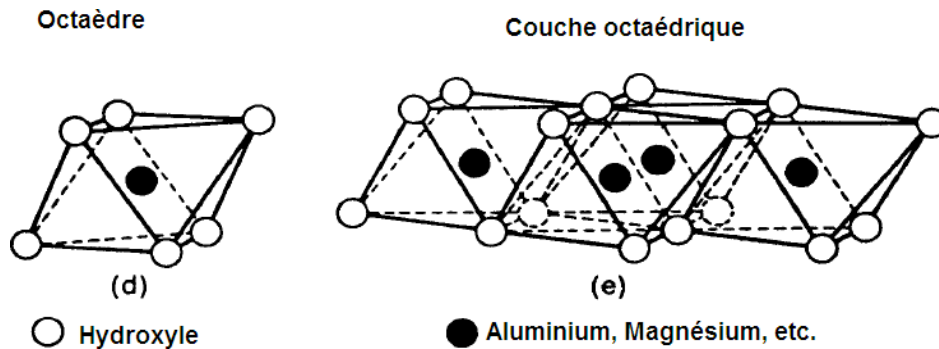


**Figure I.2** Représentation schématique des couches tétraédriques et octaédriques des argiles

L'organisation structurale des phyllosilicates se base sur une charpente d'ions  $O^{2-}$  et  $OH^-$ . Ces anions occupent les sommets d'assemblages tétraédriques  $O^{2-}$  (Figure I.3) et octaédriques ( $O^{2-}$  et  $OH^-$ ) (Figure I.4) dans les cavités de ces unités structurales élémentaires viennent se loger des cations de taille variable ( $Si^{4+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ). Ces éléments s'organisent planairement pour constituer des couches octaédriques et tétraédriques dont le nombre détermine l'épaisseur du feuillet. Lorsque deux cavités sur trois de la couche octaédrique sont occupées par les cations  $Al^{3+}$  (ou un autre cation métallique trivalent), la structure est dénommée « dioctaédrique ». Sinon, si la totalité des cavités octaédriques est occupée par des cations métalliques bivalents, la structure s'appelle « trioctaédrique ».



**Figure I.3 : Éléments structuraux : Les tétraèdres**



**Figure I.4 : Éléments structuraux : Les octaèdres**

## I.4 Classification des phyllosilicates

La nomenclature et la classification des minéraux argileux a connu une évolution au cours du temps. La classification adoptée par le comité de nomenclature AIPEA « l'Association Internationale Pour l'Étude de l'Argile » qui s'appuie sur les grandes données

structurales. Ainsi, on distingue deux grandes familles : les minéraux phylliteux et les minéraux fibreux si on considère la seule base du mode d'agencement des tétraèdres et des octaèdres.

Au cours de notre travail nous sommes intéressés par les phyllosilicate.

#### *1.4.1 Les minéraux phylliteux*

Les minéraux phylliteux sont de loin les plus répandus et les plus étudiés. Ce sont des minéraux argileux qui présentent une structure en feuillet. Selon la séquence d'empilement des couches à l'intérieur du feuillet, on distingue les minéraux de type 1/1 (T-O), 2/1 (T-O-T), et 2/1/1 (T-O-T:O).

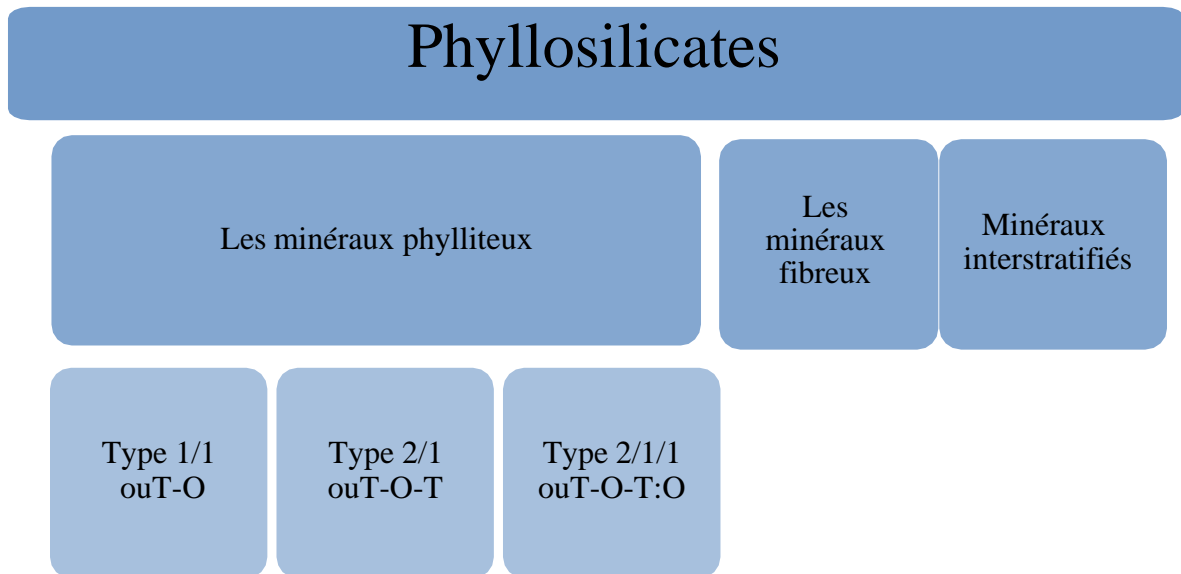
- **Les structures de type 1/1 ou T-O**, comprenant notamment les kaolinites et les halloysites. La structure est constituée d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique. L'épaisseur de la couche est d'environ  $7\text{\AA}$ .
- **Les structures de type 2/1 ou T-O-T**, incluant les montmorillonites et les saponites. Le feuillet est constitué de deux couches tétraédriques et d'une couche octaédrique. L'épaisseur de la couche est d'environ  $10\text{\AA}$ .
- **Les structures de type 2/1/1 ou T-O-T:O** telles que les chlorites. Le feuillet est constitué de l'alternance de feuillets T:O:T et de couches octaédriques interfoliaires. L'épaisseur de la couche est d'environ  $14\text{\AA}$ .

#### *1.4.2 Les minéraux fibreux*

Les argiles fibreuses se distinguent par leurs structures particulières en «pseudo feuillets». Elles se caractérisent par des feuillets argileux discontinus. La structure de base a la forme ruban de type 2/1. Les tétraèdres sont reliés entre les chaînes. Les feuillets tétraédriques sont continus et les feuillets octaédriques sont discontinus. Il y a de larges espaces entre les chaînes qui sont remplis d'eau « liée ou non » et de cations échangeables. La structure en ruban confère à l'argile un aspect en lattes ou en fibres. Les argiles fibreuses sont la palygorskite et la sépiolite qui comporte essentiellement du Mg comme cation octaédrique.

### I.4.3 Minéraux interstratifiés

Ces minéraux interstratifiés se caractérisent par la superposition de deux ou plusieurs feuillets de nature différente dans une séquence verticale. Il existe deux types d'interstratification : 1) interstratification régulière caractérisée par une périodicité d'empilement des différents feuillets. 2) interstratification irrégulière qui correspond à un empilement aléatoire des feuillets de nature différente. [5].



**Figure I.5 : Classification des phyllosilicates**

## I.5 Les propriétés des argiles

### I.5.1 La capacité d'échange cationique

On peut définir la capacité d'échange cationique comme la concentration des cations nécessaire pour arriver à l'électro-neutralité. La capacité d'échange cationique est exprimée en milliéquivalent par 100 grammes d'argile. Le tableau 1 résume la capacité d'échange cationique de quelques types d'argiles [6].

**Tableau.1: Capacité d'échange cationique des principales familles argileuses**

Type d'argile	Capacité d'échange cationique (meq.100g <sup>-1</sup> )
Smectites	80-150
Vermiculite	120-200
Illite	10-40
Kaolinite	1-10
Chlorite	< 10

### I.5.2 La surface spécifique

Les argiles sont largement utilisées comme des adsorbants à cause de leur grande surface spécifique (exprimée en m<sup>2</sup> par gramme d'argile) [7], qui comprend la somme de deux surfaces : La surface externe comprise entre les particules et la surface interne correspondant à l'espace interfoliaire [8]. L'augmentation de la surface spécifique donne un pouvoir de gonflement plus important et par conséquent un potentiel de gonflement plus élevé. La surface spécifique semble être un paramètre très important dans la caractérisation de l'argile. En effet, plus le sol est fin, plus la surface spécifique est élevée.

### I.5.3 La propriété de gonflement

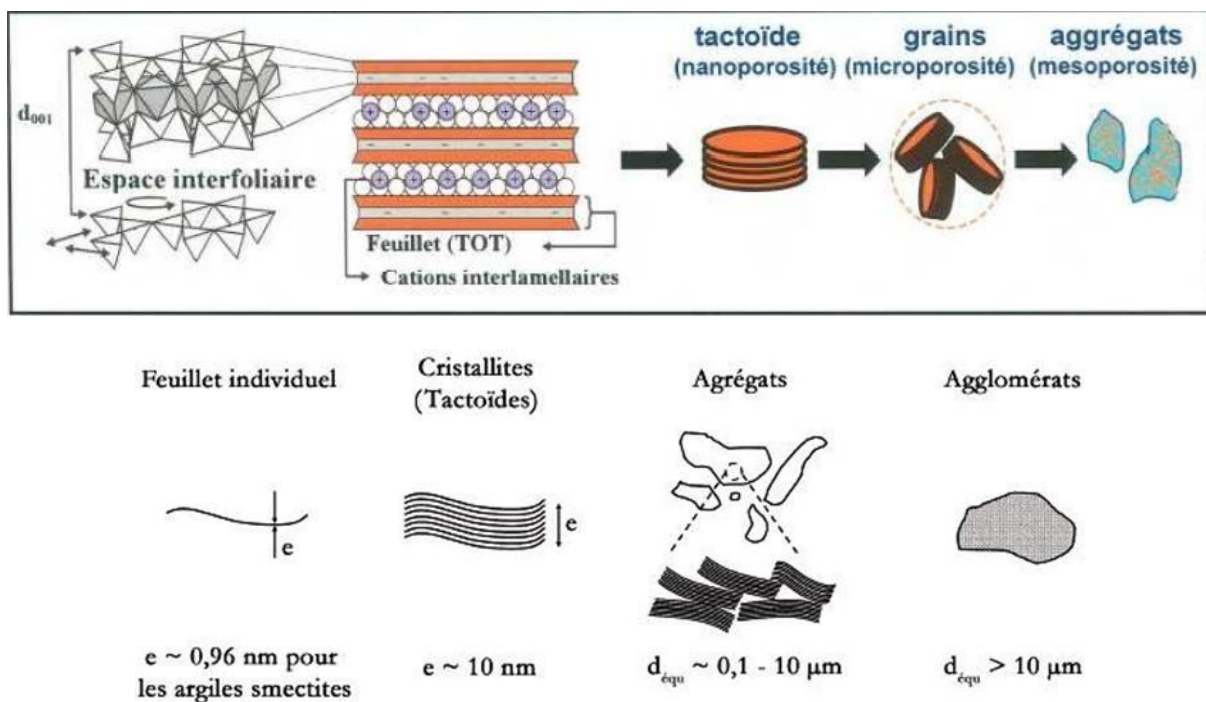
Le gonflement d'une argile est défini comme l'écartement des feuillets par l'entrée d'eau dans l'espace interfoliaire. Il se fait en trois étapes successives : 1) d'abord une augmentation discrète de la distance interfoliaire correspond à l'entrée d'une couche d'eau entre les feuillets (état monocouche, ou monohydraté), 2) La seconde couche (état bicouche, ou bihydraté), 3) L'écartement des feuillets [9].

### I.5.4 Forme de l'argile

Les feuillets octaédriques et tétraédriques s'associent entre eux sur la surface basale et forment ainsi des ensembles appelés tactoïdes. Cet empilement est désordonné pour les montmorillonites, c'est à dire que les motifs de surface ne se superposent pas d'un feuillet à l'autre, mais, ils s'associent de manière aléatoire « On parle d'ordre turbostratique ». Le nombre de feuillets composant le tactoïde est fonction simultanément de la nature des cations compensateurs, de la composition des feuillets et de leurs charges. L'espace

poreux situé entre les feuillets d'un même tactoïde est appelé «porosité interfoliaire» ou «intra-particulaire».

Ces particules de dimensions d'ordre de grandeur du micron, s'assemblent en agrégats qui eux-mêmes, à plus grande échelle de description, vont former des grains. On obtient un arrangement multi-échelle où chaque niveau de description correspond à un type de porosité inter-particulaire donné (micro-méso et macro-pore). Un schéma de cet arrangement est présenté dans la figure I.4 [10]



**Figure I.6 : Principales formes argileuses**

## I.6 L'utilisation des argiles:

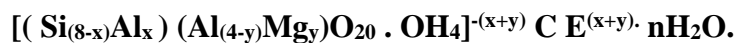
- Dans la catalyse.
- Dans la synthèse des nanocomposites.
- Dans la rétention des polluants (métaux lourds, colorants,...).
- Dans l'industrie de céramique.
- Dans la peinture.
- Dans le traitement des eaux usées...etc.

## I.7 La montmorillonite

Parmi toutes les phyllosilicates existantes, la montmorillonite est l'une des plus répandue à la surface du globe et, de ce fait, également très utilisée. Elle fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France) [11].

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants se trouvent dans la région oranaise (ouest Algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes. Aussi, celle de Mostaganem (M'Zila) avec des réserves de deux millions de tonnes [12].

La formule idéalisée d'une maille unitaire de la montmorillonite peut s'écrire [13]:

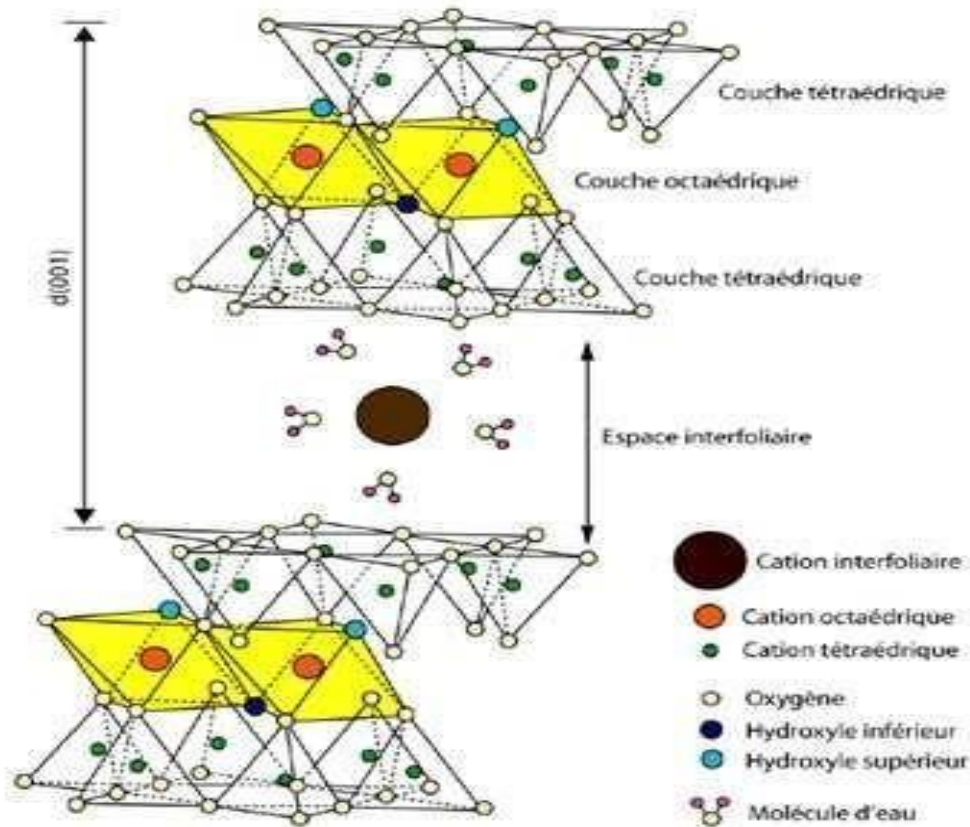


- Le complexe entre crochets indique : la macro anion qui compose le feuillet.
- Y/8: Proportion de Si substituée par Al tétraédrique.
- X/4: Proportion d'Al dans la couche octaédrique substitué par Mg.
- CE(x, y): Cations échangeables dans l'espace interfoliaire [14].

La structure de la montmorillonite a été définitivement établie à partir des travaux de Hofmant. Endel et Wilm. Marchal [15]. Le feuillet représenté dans la Figure I-6 est constitué de deux couches de tétraèdres centrées sur le silicium entre lesquelles se trouve une couche octaédrique centrée sur l'aluminium. En plus, deux couches sont séparées par l'espace interfoliaire dont l'épaisseur est de l'ordre de  $14\text{\AA}$ . Cette épaisseur qui peut varier selon la teneur en eau ( $9.8\text{\AA}$  pour une montmorillonite séchée à  $110^\circ\text{C}$ ) [16].

La montmorillonite fait partie des Smectites dioctaédriques. Elle présente majoritairement des substitutions dans la couche octaédrique, typiquement l'ion en site octaédrique est alors l'aluminium, qui peut être remplacé par du magnésium ou du fer. La formation de la charge négative nommée charge permanente  $\sigma_0$  « vaut environ  $7 \text{ meq}/\text{\AA}^{-2}$  » est due : 1) à la substitution isomorphes 2) aux imperfections au sein du réseau cristallin 3) à la présence de liaisons rompues en bordure des

particules 4) à la présence d'hydroxyles structuraux en surface. Cette charge est compensée par l'adsorption de cations sur les surfaces des minéraux, essentiellement le sodium et le calcium (Figure I-4) [17]. Cependant, leur capacité d'adsorption pour des molécules organiques solubles dans l'eau, polaires, est très faible cela est dû à la nature hydrophile des surfaces minérales [18].



**Figure I.7** Représentation schématique de la structure d'une montmorillonite.

## I.8 Les argiles modifiées

Les argiles modifiées ou pontées sont devenues, par leur simplicité de préparation, particulièrement la montmorillonite modifiée le plus utilisés ces dernières années dans divers domaines. Ces argiles sont le résultat d'un échange de cations échangeables par d'autres cations minéraux. Il s'agit de pontage par des cations organiques. Dans ce dernier cas, non seulement la capacité d'adsorption augmente considérablement, mais aussi les minéraux argileux de nature hydrophile peuvent être rendus organophiles [17, 18]. On peut classer les argiles modifiées en trois grandes catégories : 1) Les complexes organo-argileux, 2) Les inorgano-argileux et 3) Les organo-inorgano-argileux. Dans le

cas de notre étude; nous sommes intéressés principalement au complexe organo-argileux.

## I.9 Les complexes organo-argileux

Les minéraux argileux sont souvent de nature hydrophile qui, par un traitement chimique peuvent être rendus organophiles. C'est-à-dire compatibles avec les composés organiques. Parmi ces traitements chimiques, l'échange cationique est la méthode de modification la plus répandue. Elle consiste à échanger les cations compensateurs des minéraux argileux par des cations porteurs de chaînes alkyles, comme les ions d'alkylammonium. Cet échange conduit, en conséquence, à une augmentation de la distance basale ( $d_{001}$ ), observable par la diffraction des rayons X. L'augmentation de cette distance dépend de l'organisation des chaînes hydrocarbonées résultant en grande partie de la longueur et de la concentration de ces dernières. Elle est d'autant plus importante que la longueur et la concentration des chaînes alkyles augmentent [20]. Les complexes organo-argileux possèdent un caractère hydrophobe et organophile et peuvent être utilisés dans la dépollution des eaux contaminées par certains micro-polluants organiques tels que les pesticides, les colorants et les phénols.

## I.10 Les tensioactifs

Les tensioactifs sont très utilisés dans les formulations industrielles pour bénéficier de leurs propriétés caractéristiques individuelles. Les tensioactifs sont des molécules organiques amphiphiles, comportant deux parties bien distinctes: 1) Une tête polaire hydrophile qui présente une forte affinité avec les molécules d'eau, 2) Une queue apolaire hydrophobe (lipophile) avec une affinité vers les particules hydrophobes, que les molécules d'eau ont plutôt tendance à fuir. La tête hydrophile est généralement formée d'un ion ou d'un groupement possédant un moment dipolaire, tandis que la queue hydrophobe possède une ou de plusieurs chaînes aliphatiques. Lorsqu'elles se trouvent à l'interface eau-air, les molécules amphiphiles ont tendance à diriger leur tête hydrophile vers l'eau et leur queue hydrophobe vers l'air, ce qui a par conséquent de modifier l'énergie de l'interface [21]. Les molécules de tensio-actif se rangent peut être en

structure monocouche, bicouche, pseudotrimoléculaire ou en structure paraffinique inclinée [22].

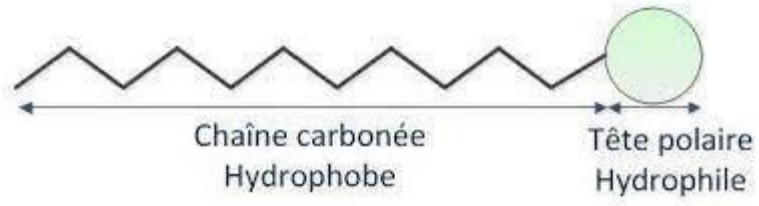


Figure I.8 Représentation schématique du tensioactif

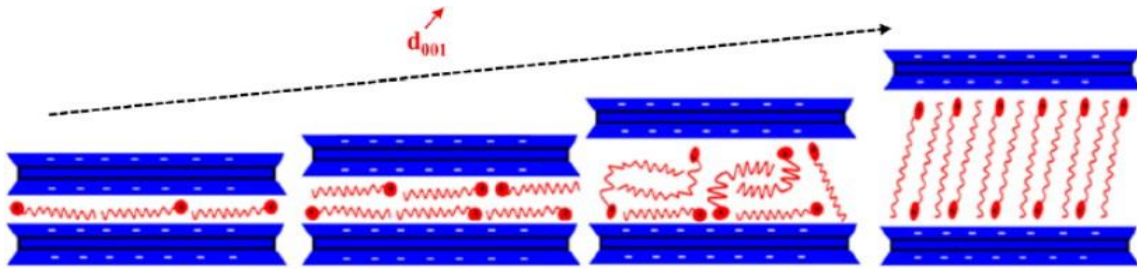


Figure I.9 Représentation schématique d'arrangement des tensio-actifs dans l'espace interfoliaire d'argile

# Chapitre II: Matériels et méthodes utilisés

## II.1 Introduction

La procédure d'organo-modification des argiles par des tensioactifs ont suscité un grand intérêt dans le milieu académique, scientifique et industriel. Cette partie a pour objet de présenter les protocoles de préparation ainsi que les techniques de caractérisation de l'argile modifiée. Au cours de ce travail, nous présentons, les techniques de caractérisation structurale et thermiques des complexes organo-argileux qui sont la diffraction des rayons X (DRX) et les mesures thermogravimétriques (ATG-DTG).

## II.2 Matériels et appareils

### II.2.1 L'agitateur ultrasonique

Pour l'homogénéisation et la bonne préparation des échantillons, nous avons utilisés un sonificateur à ultrason de la marque SONICS Modèle: VC505 Fréquence: 20 kHz Puissance de sortie: 500W avec une sonde standard.



**Figure II.1 : Agitateur ultrasonique de marque SONICS - PTAPC Laghouat**

### II.2.2 Centrifugation

Pour la séparation des phases on a utilisé la centrifugeuse de marque Sigma modèle 3-16KL avec une vitesse de 3000 tours/min pendant 5 min.



**Figure II.2** Centrifugeuse marque SIGMA- PTAPC Laghouat

### II.2.3 Lyophilisateur

Pour le séchage on a utilisé la lyophilisation qui est une méthode de dessiccation sous vide, à basse température, de produits liquides préalablement congelés. La lyophilisation consiste en l'élimination progressive de l'eau du produit préalablement congelé (phase solide) par passage à la phase vapeur, sans passer par la phase liquide. Ce changement d'état s'appelle la sublimation.



**Figure II.3:** Lyophilisateur marque CHRIST- PTAPC Laghouat

## II.2.4 Diffractomètre

Toutes les mesures par diffraction des rayons X ont été effectuées sur un diffractomètre de poudre « Empyrean, Malvern Panalytica », avec une radiation monochromatique  $K\alpha_1$  du variant de 3 à 80° avec un pas de 0.01° par 0.1 s. La vitesse de balayage est de 6°/min. La cathode est de type cuivre ( $\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$ ) à 40KV/45 milliampère.

Le principe de la DRX est basé sur la loi de Bragg :  $n\lambda = 2d\sin\theta$

Où :  $n$  : Nombre entier correspondant à l'ordre de la diffraction.

$\lambda$  : Longueur d'onde du rayonnement utilisé ( $\text{\AA}$ ).

$d$  : distance entre les plans réticulaires d'une même famille désignée conventionnellement par les indices de Miller (h, k, l) ( $\text{\AA}$ ).

$\theta$  : Angle de diffraction (°).



**Figure II.4** Diffractomètre « EMPYREAN, MALVERN PANALYTICAL »- PTAPC Laghouat

## II.2.5 Appareils d'analyses thermiques

Le principe de la thermogravimétrie est basé sur la mesure de la perte de masse en fonction de la température et du temps. Dans notre étude, l'analyse thermique ATG couplée avec DTG a été réalisée à l'aide d'un appareil de marque ATG STARAM sur des prises de masse de 40 mg environ. Les différents échantillons argileux sont chauffés de 25 à 1000°C avec une vitesse de chauffage de 5°C/min sous un flux d'azote de 100mL/min.



**Figure II.5: Dispositif d'analyse thermique ATD-ATG couplée marque LABSYS-PTAPC Laghouat**

## II.2.6 Autres appareillages :



**Figure II.6: Balance Analytiques  
EXPLORER EX225AD**



**Figure II.7: Ultra purificateur marque :  
ADRONA B30**

## II.3 Produits utilisés

- **Bentonite**

Bentonite brute de Maghnia de gisement de Hammam Boughrarra composé essentiellement de 65% de montmorillonite, ce qui fait d'elle une phyllosilicate du deuxième groupe 2 :1 « smectite dioctaédrique ». Elle est fournie à l'état brut par l'ENOF Bental Spa de l'Entreprise Nationale des Produits Miniers non Ferreux, Unité de Maghnia (Algérie). Sa composition chimique est donnée dans le tableau suivant [23].

**Tableau II-1:** Composition chimique de la bentonite brute (gisement de Maghnia).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total	PAF	SiO <sub>2</sub> /AlO <sub>3</sub>
%	54,9 2	16,92	1,95	0,02	4,29	0,75	1,23	0,73	0,05	0,13	100,0 2	19,03	3,24

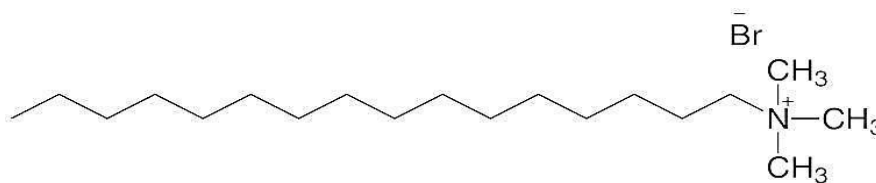
PAF : perte au feu à 900 °C.

Les résultats sont obtenus par la spectroscopie aux rayons X (XRF) en fusion des pastilles pressées de bentonite brute.

- **Le bromure de cetyltriméthyl-ammonium (CTAB)**

Le bromure de cetyltriméthylammonium, ou CTAB, est un composé organique qui se présente sous la forme d'une poudre blanche.

- Formule : C<sub>19</sub>H<sub>42</sub>BrN (La formule semi-développée [(CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>15</sub> N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]<sup>+</sup>Br<sup>-</sup>.)
- Masse molaire 364,447 ± 0,019 g/mol



**Figure II.8:** Le CTAB

- **Chlorure de sodium NaCl (SIGMA 99%).**

## II.4 Méthode utilisée

### II.4.1 L'échange

Pour rendre l'argile homoionique et susceptible de faire l'échange cationique et faciliter la rentrée de l'ion compensateur de surfactant dans l'espace interfoliaire [24] nous avons procédé un échange cationique par le  $\text{Na}^+$ .

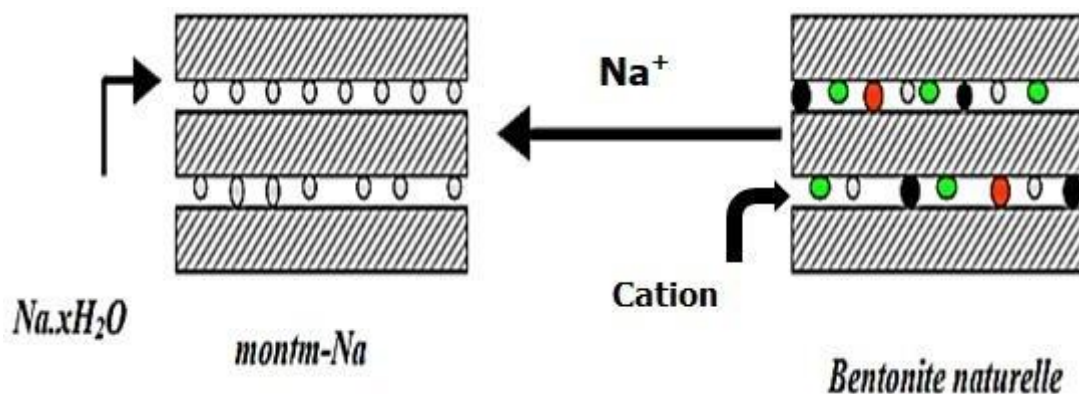


Figure II.9: Echange sodique de bentonite

### II.4.2 La modification de l'argile : Les argiles organophiles

Le traitement organophile est un échange cationique aussi, les cations compensateurs  $\text{Na}^+$  dans l'espace interfoliaire de l'argile sont remplacés par des cations organiques porteurs de chaînes alkyles (des surfactants), les surfactants les plus couramment utilisés sont les ions alkylamines. Lors de la réaction d'échange, la tête positive du tensioactif remplace le cation et le surfactant se loge dans l'espace interfoliaire rendant ainsi l'argile organophile et augmente la distance interfoliaire. [25]

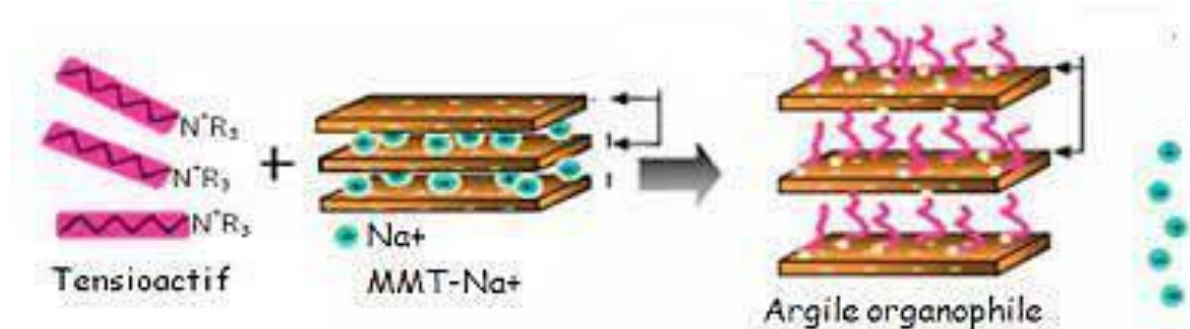
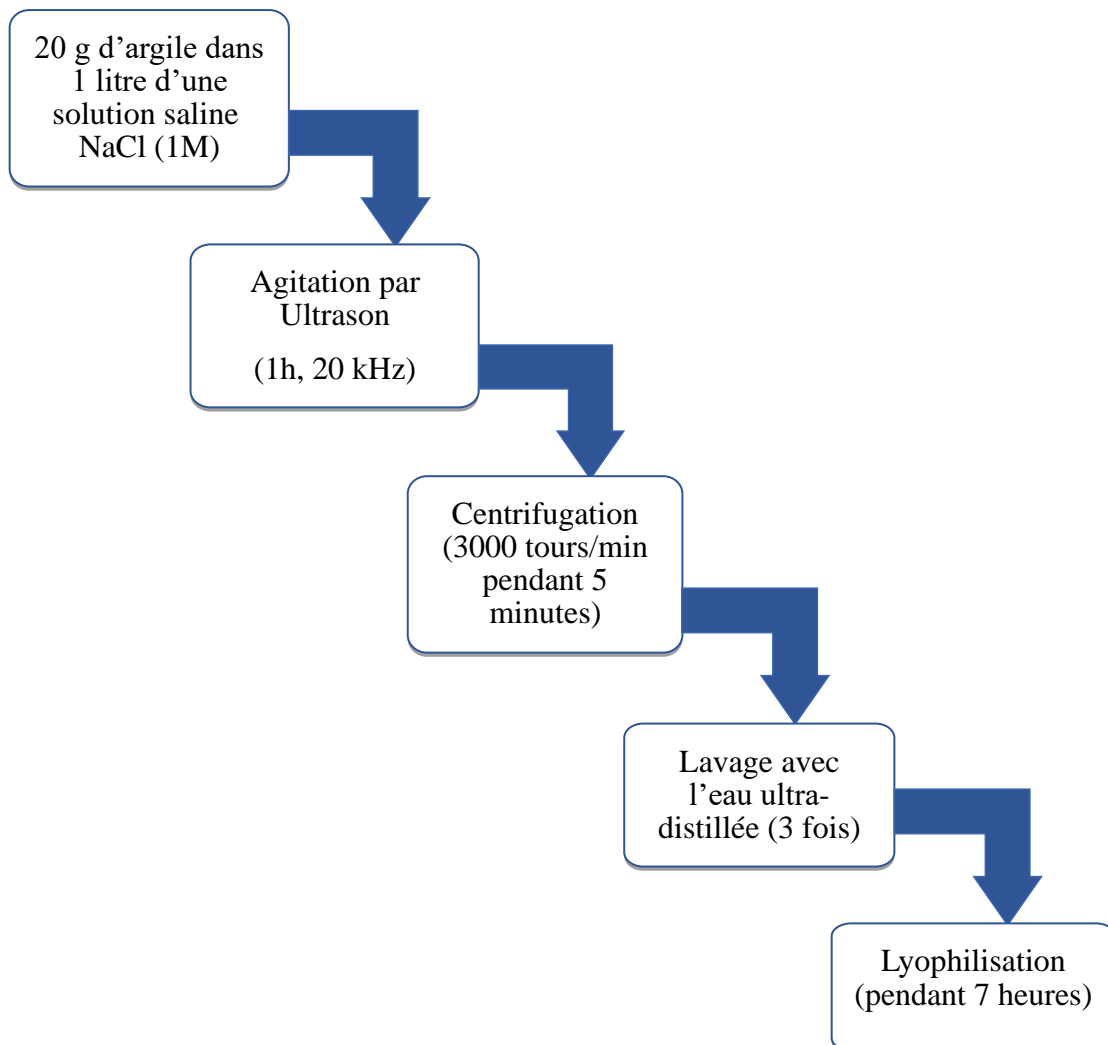


Figure II.10: Modification de bentonite par un surfactant

**Chapitre III:**  
**Synthèse et caractérisation de la bentonite modifiée:**  
**résultats et discussion**

### III.1- Échanges des cations compensateurs

Nous allons étudier une bentonite homoionique Bt-Na. La préparation de cet échantillon que nous allons développer, nécessite de procéder à l'échange de cation  $\text{Na}^+$  contenu initialement dans l'argile par les cations voulus. Pour ce faire, nous allons disperser 20 grammes d'argile prétraités dans un litre d'une solution saline (1 M) NaCl [26], la suspension sera agitée pendant 1 heure, puis centrifugée durant 5 minutes à  $3000 \text{ tr.min}^{-1}$ . Cette opération sera répéter trois fois. Afin d'optimiser l'échange, l'argile sera ensuite séchée dans un lyophilisateur pendant 7 heures, puis broyée finement avec un mortier.



**Figure III.1 : Organigramme de l'échange de l'argile brute.**

### III.2- Modification des bentonites

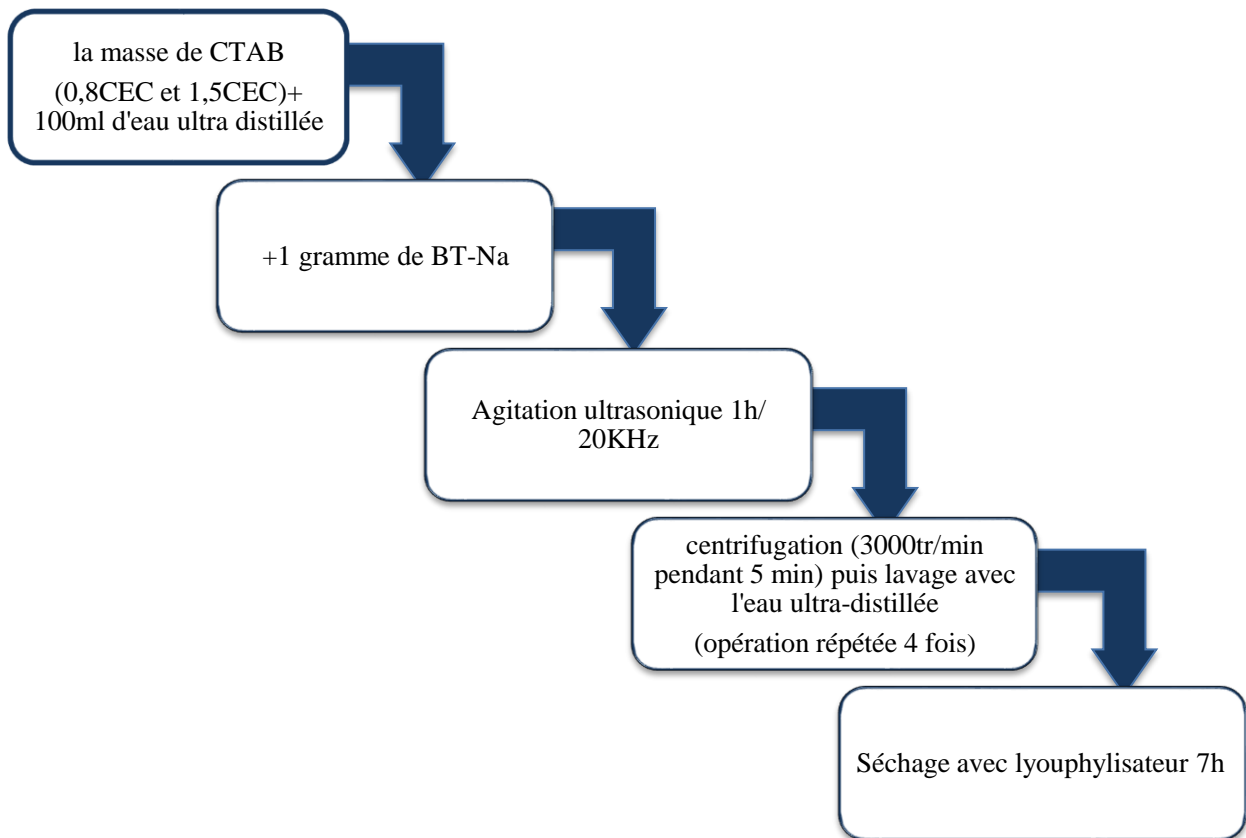
La deuxième étape de nos travaux expérimentaux consiste à obtenir par échange cationique comme méthode de modification organophile, une nouvelle série d'organo-montmorillonites (montmorillonite homoionique modifiée). Cet organo-montmorillonite possède une large distance interfoliaire qui va améliorer par la suite son pouvoir de rétention.

La nouvelle série d'argile organo-modifiées a été obtenu en utilisant la méthode «échange cationique». Cette préparation fait intervenir un tensioactif qui est le bromure de cétyltriméthyle- ammonium (CTAB) en utilisant deux concentration 0.8 CEC et 1.5CEC [27].

Nous avons dispersés la masse de CTAB des différents concentrations dans 100ml d'eau ultra-distillée puis on a ajouté 1 gramme d'argile sodique, la suspension est agitée pendant 1 heure, puis centrifugée durant 5 minutes à 3000 tr.min<sup>-1</sup>. Le lavage a été avec l'eau ultra-distillée; cette opération est répétée quatre fois, l'argile est ensuite séchée dans un lyophilisateur pendant 7 heures, puis broyée finement avec un mortier.

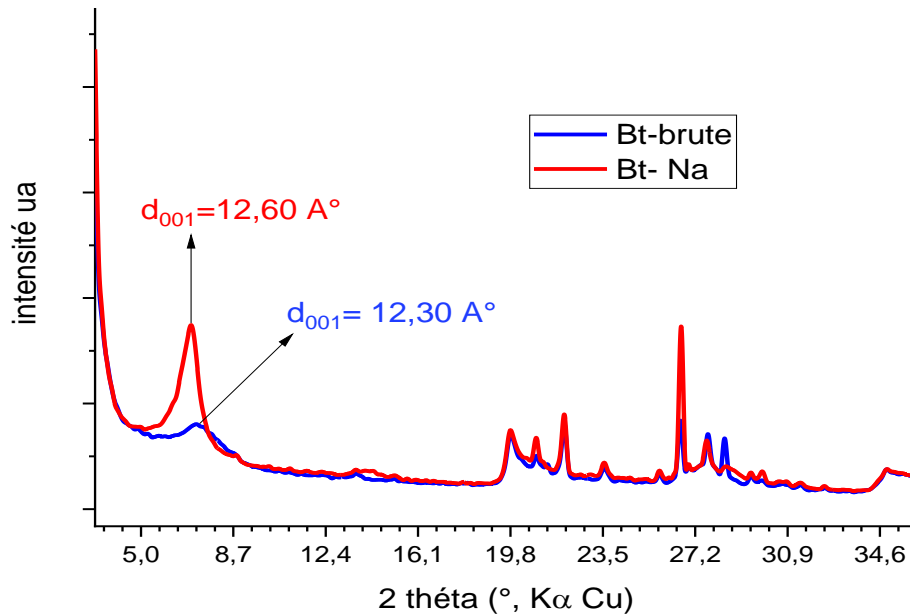
**Tableau III-1: Les masses correspondantes pour chaque concentration**

La concentration	0,8 CEC	1,5 CEC
La masse de CTAB	0,26241 g	0,49202 g



**Figure III.2 : Organigramme de la modification de bentonite échangée.**

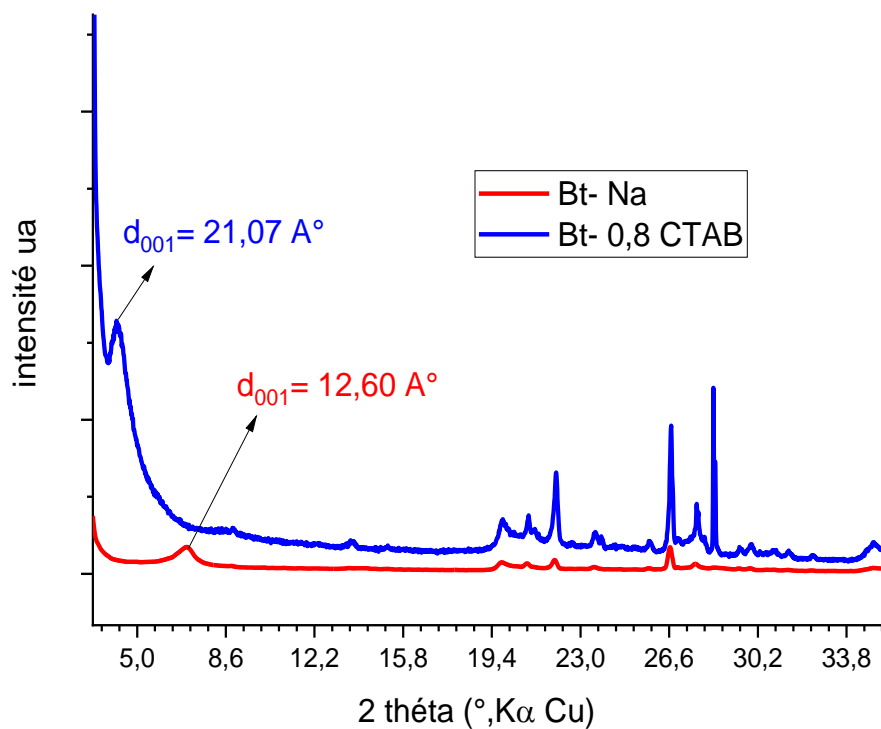
### III.3 Caractérisation par diffraction des rayons X: Bentonite brute et Bentonite sodique



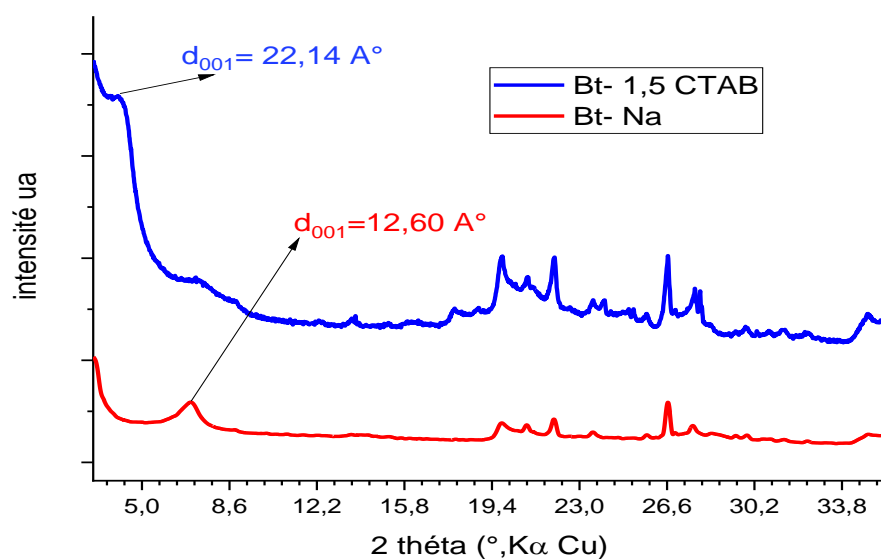
**Figure III.3:** Diffractogrammes de la bentonite brute et échangée

Dans notre cas, les diffractogrammes de poudre d'une bentonite brute et échangée sont représentés dans la figure III.2. Les mesures sont effectuées à l'ambiante. Pour avoir des résultats fiables, les raies  $d_{001}$  correspondant au minéral de la montmorillonite doivent être apparues. La position de la raie (001) traduit une distance basale  $d_{001}$  correspondant à l'état hydraté moyen à une couche d'eau des cations échangeables [26]. L'épaisseur de l'espace interfoliaire dépend des conditions d'humidité ambiante lors de l'enregistrement du diffractogramme. Alors, l'augmentation de l'espace interfoliaire  $d_{001}$  de la Bt-brute a passé de 12,30 Å à 12,60 Å pour le Bt-Na en raison de l'interaction des molécules d'eau liées aux ions Na dans l'argile.

### III.4-Caractérisation par diffraction des rayons X: la bentonite-Na, la bentonite-CTAB (0,8CEC), la Bentonite-CTAB (1,5 CEC)



**Figure III.4 : Diffractogrammes de la bentonite-Na et de la bentonite-CTAB (0,8CEC)**



**Figure III.5 : Diffractogrammes de la Bentonite-Na et de la Bentonite-CTAB (1,5 CEC)**

Les figures III.4 et III.5 résument les diffractogrammes comparatifs de la Bentonite-Na « la Bentonite-CTAB (1,5 CEC) et la Bentonite-CTAB (0.8 CEC) ». Les DRX obtenus indiquent une incorporation des chaînes alkyles du tensioactif (CTAB) dans les galeries de la Bentonite-Na. En effet, pour une concentration à 1,5 CEC, la distance interfoliaire de la Bt-Na a augmenté en passant de 12,6 Å à 22,14 Å pour la Bt-CTAB préparée par ultrasons, correspondant à une organisation en (bicouche). Cependant pour une concentration de 0.8 CEC on observe une distance interfoliaire de l'ordre de 21,07 Å. Ces résultats sont cohérents avec la littérature [28].

### III.5 Caractérisation thermiques ATG et DTG

Pour l'analyse thermique on a choisi le Bt-Na 0.8CEC à cause de sa surface spécifique et son volume total des pores plus élevée que celle-ci de Bt-Na 1.5CEC [29] [25]. La stabilité thermique des argiles a été suivie par analyse thermogravimétrique ATG qui permet de suivre la perte de masse de l'échantillon en fonction de la température. Les figures III.6, 7, 8, 9 représentent les courbes d'analyse thermogravimétrique ATG et DTG de Bt-Na et Bt-(0.8 CEC)-CTAB.

Pour la Bt-Na on a prendre la masse initiale= 40.3 (mg)

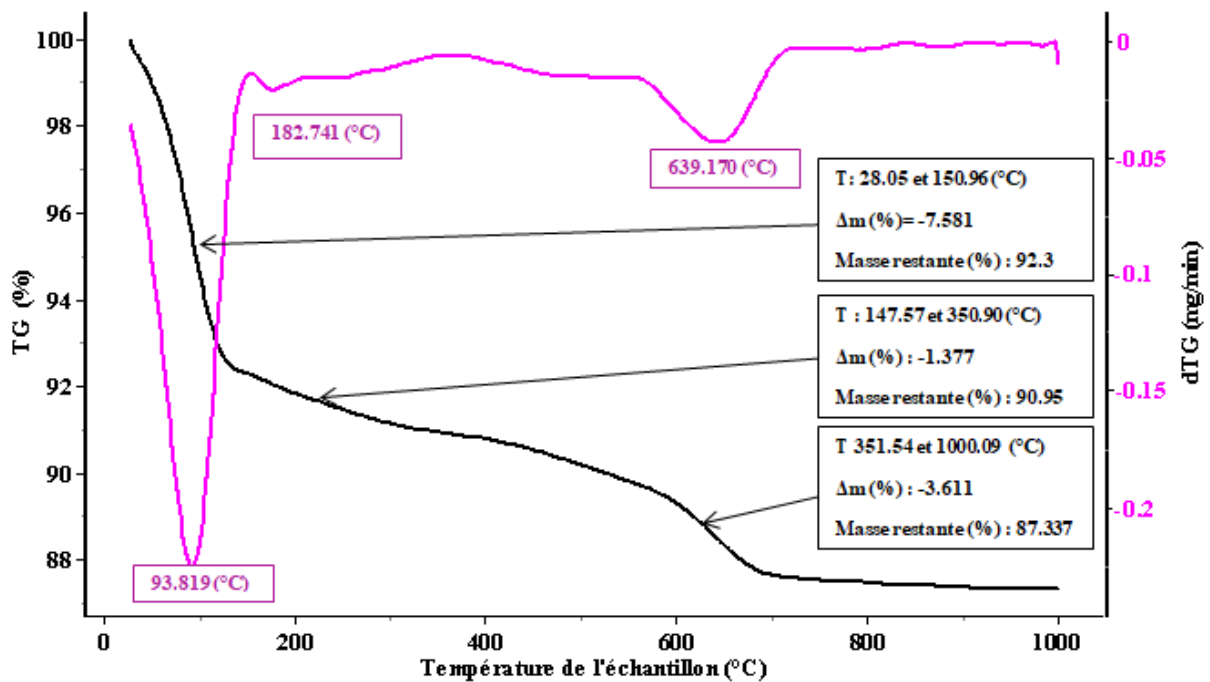
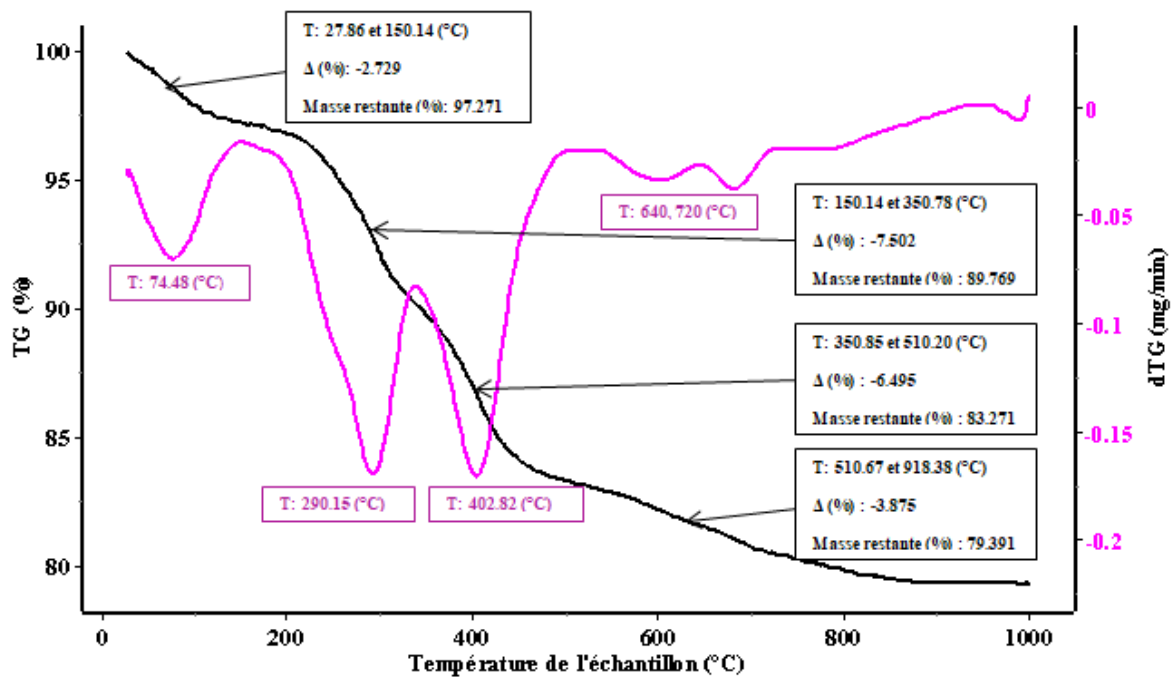


Figure III.6 : ATG et DTG de Bt-Na

Pour la Bt-(0.8 CEC)-CTAB on a prendre la masse initiale= 44.14 (mg)



**Figure III.7 : ATG et DTG de Bt-0.8CTAB**

Au cours de la première étape, on a observé une perte de masse de 7,6 et de 2,6 % « entre 28 et 150 °C » en raison de la perte de molécules d'eau physi-sorbés pour le Bt-Na et le Bt-CTAB, respectivement [30]. Ces pics sont significativement plus faibles dans les bentonites modifiées qui perdent leur hydrophilicité [31].

Une perte de masse en deuxième étape a été attribuée à la perte d'ions hydratés présentes entre l'espace interfoliaire des échantillons de Bt-Na et de Bt-CTAB dans la plage de température de 150 à 350 °C [32].

La perte du groupe hydroxyle de Bt-Na s'est produite dans une plage de température de 350 à 1000 °C. La perte du groupe hydroxyle du Bt-CTAB commence à 510 °C. Alors, qu'une perte de masse du Bt-CTAB supérieure à 420 °C était associée à la dégradation de la chaîne du CTAB à partir de l'espace interfoliaire [28].

# Conclusion et perspective

## Conclusion

Dans ce travail nous nous sommes intéressés aux interactions d'un surfactant CTAB (0.8CEC et 1.5CEC) sur la bentonite de Maghnia sodée et modifiée par un cation compensateur  $\text{Na}^+$  pour préparer une substance organo-argile.

La bentonite provenant du gisement de Maghnia a servi de base pour la préparation des matériaux adsorbants et catalyseurs.

Nous avons caractérisé la bentonite avant et après l'échange au sodium et la modification par les méthodes ultrasoniques de caractérisation DRX, ATG et DTG.

Les différentes analyses ont permis de confirmer les résultats suivants :

- La bentonite utilisée est constituée essentiellement de montmorillonite. Le spectre de l'argile brute présente une raie  $d_{001}$  à 12,30 Å et 13.60 Å pour l'argile sodée. Cette raie correspond au minéral comprenant une couche d'eau.
- L'argile organophile a été préparée en échangeant le cation compensateur de l'argile par le cation ammonium CTAB (0.8 ; 1.5 CEC). La diffraction des DRX de l'argile organophile montre que la distance réticulaire  $d_{001}$  passe de 12.60 Å pour l'argile sodée à 21.07 Å pour Bt-0.8CTAB et 22,14 Å pour Bt-1.5CTAB.
- Les analyses thermiques révèlent des différences significatives entre les deux échantillons Bt-Na et Bt-0.8CTAB. L'apparition des nouvelles pertes de masse, montre aussi que le surfactant est bien intercalé dans les galeries de ce matériau.

## Perspective

Les résultats obtenus sont d'une grande utilité et ouvre des perspectives intéressantes vers une meilleure compréhension des propriétés structurales et thermiques dans de supports Argiles/tensioactif dans le contexte de leurs utilisations pour des applications Industrielles comme adsorbants à titre particulier

## Référence

1. S. Caillere- S. Henin- M. Rautureau. Les argiles. Editions SEPTIMA. Paris P.05. 1989.
2. Gaombalet Jérôme. . Le gonflement des argiles et ses effets sur les ouvrages souterrains destockage .Ecole polytechnique. Thèse de Doctorat, P.30. 2004
3. Qunhui, Ohrya .G, .Negishi. Y, MembraneSci. 1995. J 98, 233.
4. Feng, X., & Huang, R. Y. (1996). Pervaporation with chitosan membranes. I. Separation of water from ethylene glycol by a chitosan/polysulfone composite membrane. *Journal of Membrane Science*, 116(1), 67-76.and *Biomonitoring Potential during 1980*, *Hydrobiol.* 163, (1988):149-171.
5. Yassine Bentahar. 2016. Caractérisation physico-chimique des argiles marocaines : application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse. Université Abdelmalek Essaadi Faculte Des Sciences Tetouan.
6. J. Madejová, FTIR techniques in clay mineral studies. *Vibrational Spectroscopy*, (2003) 31: 1–10
7. Oliveira W. E., Franca A. S., Oliveira L. S. and Rocha, S.D. « Untreated coffee husks as biosorbents for the removal of heavy metals from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 1073-1081 »2008.
8. A. Mittal, D. Kaur, J. Mittal. « Applicability of waste materials-bottom ash and deoiled soya-as adsorbents for the removal and recovery of a hazardous dye, Brilliant Green, J. *Colloid Interf. Sci.* 326, 8–17» 2008.
9. Jean Shimatu, Caractérisation et mise en œuvre des sols argileux destinés aux matériaux de construction cuits, Thèse de Doctorat. 2012. page 29.
10. Cherifi Zakaria. Thèse de doctorat Synthèse de Macro-monomères réticulables et de Nanocomposites à base de Méthacrylate de Glycidyle et Maghnite. Université Oran. 2019. P18-19
11. Y.Hongyu, Xi.Zheng, H. Wensheng, Wu. Kangbing, Modification of montmorillonite with cationic surfactant and application in electrochemical determination of 4-chlorophenol, *Colloids and Surfaces B: Bio interfaces* .65 (2008) 281-284.
12. M.Boufatit, H. Ait-Amar, W.R.McWhinnie, Development of an Algerian material montmorillonite clay-Intercalation with selective long chain alkylammonium cations (Octadecyltrimethylammonium, Cetylpyridium and Tetrabutylammonium) and with tellerium complexes, *Desalination*. 223(2008) 366-374.

13. L.Reinert, K. Batouche, J.M. Lévêque, F. Muller, J.M. Bény, B. Kebabi, L. Duclaux, Adsorption of imidazolium and pyridinium ionic liquids onto montmorillonite: Characterisation and thermodynamic calculations, Chem. Eng. J.209 (2012) 13-19.
14. Bouzid Samia. Thèse de magister. Adsorption des différents polluants sur des argiles. Promotion 2010. P17
15. H.Hoffman, K. Endel, D.Wiln et Z.Krist, 86, 340-348, (1933).
16. Besson G. Decarreau A., Manceau A., Sanz J and Suquet H.1990 «Organisation interne du feuillet. Société française de minéralogie et de cristallographie, Paris »
17. L.Comparon, Étude expérimentale des propriétés électriques et diélectriques des matériaux argileux consolidés, Thèse de doctorat, Institut de Physique du Globe de Paris (2005).
18. A.Khenifi, Z.Bouberka, K. Bentaleb, H.Hamani, Z.Derriche, Removal of 2, 4-DCP from wastewater by CTAB/bentonite using one-step and two-step methods: A comparative study, Chemical Engineering Journal. 146 (2009) 345-354
19. L.Reinert, K. Batouche, J.M. Lévêque, F. Muller, J.M. Bény, B. Kebabi, L. Duclaux, Adsorption of imidazolium and pyridinium ionic liquids onto montmorillonite: Characterisation and thermodynamic calculations, Chem. Eng. J.209 (2012) 13-19.
20. Bouzid Samia. Thèse de magister. Adsorption des différents polluants sur des argiles. Promotion 2010. P17
21. Lobna Aloui. Thèse de doctorat: Synthèse de nano-adsorbant à base d'argile, application à l'adsorption de métaux lourds et de chlorophénols. Université d'Aix-Marseille Université De Carthage. 2017. P41- 42.
22. Lobna Aloui. Thèse de doctorat: Synthèse de nano-adsorbant à base d'argile, application à l'adsorption de métaux lourds et de chlorophénols. Université d'Aix-Marseille Université De Carthage. 2017. P41- 42.
23. Le Pluart L. « Nano composites Epoxyde/amine/montmorillonite: Rôle des interactions sur la formation, la morphologie aux différents niveaux d'échelle et les propriétés mécaniques des réseaux, Thèse de doctorat de L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon » 2002.
24. Jean Cos.et Guy sanglera.1981 « Cours pratiques de mécanique des sols. 3eme édition .EdBorderas, paris .ISBN: 2-04-015 .793-X »
25. Duaufour P.1977 « Pédologie. Pédogénèse et classification. Masson, Paris »
26. Z. Cherifi, B. Boukoussa, A. Zaoui, M. Belbachir, and R. Meghabar, "Structural, morphological and thermal properties of nanocomposites poly (GMA)/clay prepared by

- ultrasound and in-situ polymerization,” *Ultrason. Sonochem.*, vol. 48, pp. 188–198, 2018, doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.05.027.
27. A. Belbel et al., “Preparation and characterization of homoionic montmorillonite modified with ionic liquid: Application in dye adsorption,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 558, pp. 219–227, 2018, doi: 10.1016/j.colsurfa.2018.08.080.
  28. M. Kiranşan, R. D. C. Soltani, A. Hassani, S. Karaca, and A. Khataee, “Preparation of cetyltrimethylammonium bromide modified montmorillonite nanomaterial for adsorption of a textile dye,” *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 45, no. 5, pp. 2565–2577, 2014, doi: 10.1016/j.jtice.2014.06.007.
  29. Z. Sun, Y. Park, S. Zheng, G. A. Ayoko, and R. L. Frost, “Thermal stability and hot-stage Raman spectroscopic study of Ca-montmorillonite modified with different surfactants: A comparative study,” *Thermochim. Acta*, vol. 569, pp. 151–160, 2013, doi: 10.1016/j.tca.2013.07.022.
  30. E. Carazo et al., “Kinetic and thermodynamic assessment on isoniazid/montmorillonite adsorption,” *Appl. Clay Sci.*, vol. 165, no. August, pp. 82–90, 2018, doi: 10.1016/j.clay.2018.08.009.
  31. E. R. Kenawy et al., “Cetyltrimethylammonium bromide intercalated and branched polyhydroxystyrene functionalized montmorillonite clay to sequester cationic dyes,” *J. Environ. Manage.*, vol. 219, no. January, pp. 285–293, 2018, doi: 10.1016/j.jenvman.2018.04.121.
  32. V. Tangaraj, J. M. Janot, M. Jaber, M. Bechelany, and S. Balme, “Adsorption and photophysical properties of fluorescent dyes over montmorillonite and saponite modified by surfactant,” *Chemosphere*, vol. 184, pp. 1355–1361, 2017, doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.06.126.

**"تحضير وتوصيف الطين المحلي المعدل بواسطة المؤثرات السطحية"**

لطالما جذب الطين العضوي انتباه الباحثين في الأوساط الأكاديمية والصناعية. حيث درس العديد منهم هذه المنتجات بسبب خصائصها المثيرة للاهتمام. فهي تمثل جيلاً جديداً من الممتزات للملوثات العضوية وغير العضوية. ويرجع ذلك إلى حجم الجسيمات، وقدرة الانتفاخ (التضخم) العالية، ومساحة السطح المحددة الكبيرة وقدرة التبادل الأفضل. يتعلق هذا العمل بإعداد وتوصيف البنتونيت الجزائري المعدل بواسطة المؤثر السطحي (CTAB) بعد ذلك سيتم اقتراح التحليل الحراري الوزني (ATG) لاختبار الثبات الحراري لهذا الطين العضوي. أما من الناحية الهيكلية، سيتم إجراء قياسات حيود الأشعة السينية (DRX) لتوصيف التباعد بين الأوراق المعدلة عضوياً.

**الكلمات المفتاحية:** البنتونيت، المؤثر السطحي، الطين العضوي.

---

**Résumé**

**"Préparation et caractérisation d'une argile locale modifiée par un tensioactif"**

Depuis longtemps, les argiles organophiles ont attiré l'attention des secteurs académiques et industriels. De nombreux chercheurs ont étudié ces produits en raison de leurs propriétés intéressantes. Ils représentent une nouvelle génération d'adsorbants pour les polluants organiques et inorganiques. Cela est dû à leur granulométrie, une capacité de gonflement importante, une grande surface spécifique et meilleure capacité d'échange. Le présent travail porte sur la préparation et la caractérisation d'une bentonite Algérienne modifiée par un tensioactif (CTAB). Par la suite, des mesures thermiques à savoir ; l'analyse thermogravimétrique (TGA), sera proposée pour tester la stabilité thermique de cette argile organophile. Point de vue structurale, des mesures de diffraction des rayons X seront effectuées pour caractériser l'espacement interfoliaire organiquement modifiées.

**Mots clés:** bentonite, tensioactif, argile organophile.

---

**Abstract**

**"Preparation and characterization of local clay modified by a surfactant"**

Organophilic clays have long attracted the attention of researchers in academia and industry. Many researchers have studied these products because of their interesting properties. They represent a new generation of adsorbents for organic and inorganic pollutants. This is due to their particle size, a high swelling capacity, a large specific surface area and better exchange capacity. This work concerns the preparation and characterization of an Algerian bentonite modified by a surfactant (CTAB). Thereafter, thermal measurements namely; thermogravimetric analysis (TGA) will be proposed to test the thermal stability of this organophilic clay. Structurally, X-ray diffraction measurements will be performed to characterize the organically modified interfoliar spacing.

**Keywords:** bentonite, surfactant, organophilic clay.