



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**  
**Faculté de Technologie Département Génie Des Procédés**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de master en  
génie des procédés**

**Spécialité : Génie chimique**

**Thème**

**Préparation d'une Boue de Forage  
A Base de La Bentonite Algérienne**

**Réalisé par**

**HAMANE Tous**

**NEDJAM Besma**

**Membres du jury :**

**Mme BANDO Samira**

**Promotrice**

**Mr AKSSAS Hamouche**

**Présidente**

**Mme DIDOUCHE Yasmine**

**Examinatrice**

**Mme YAHYA Zineb**

**Examinatrice**

**Année universitaire : 2023**

## Remerciement

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre ALLAH, notre créateur pour nous donner la chance d'étudier et la force pour accomplir ce travail.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à notre professeur consultant :*

*Ainsi nos parents qui nous aident.*

*Nous tenons à remercier en premier lieu et très chaleureusement Notre promoteur Mme BANDOUC Samira.*

*Pour avoir accepté de diriger notre travail, pour ses précieux Conseils, pour leurs esprits d'ouverture et leurs disponibilités.*

*Grâce à lui, notre travail s'est déroulé.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury qui nous font l'honneur de juger notre travail*

*Nous remercions toutes personnes qui nous ont permis la finalisation de ce travail, nous tenons à leur exprimer notre vive gratitude.*

*Enfin nous remercions l'ingénieur du laboratoire Mme Siham.*

*Dédicas*

*Louange au Bon Dieu, le seul, l'unique et le tout puissant »*

*A ma très chère mère,*

*A mon père.*

*À mes frères et sœurs.*

*Toute la famille HAMANE*

*Tous mes amis*

*A tous ceux qui ont participés de près ou de loin dans la  
réalisation de ce travail*

*Dédicas*

*Louange au Bon Dieu, le seul, l'unique et le tout puissant »*

*A ma très chère mère,*

*A mon père.*

*À mes frères et sœurs.*

*Toute la famille NEDJAM*

*Tous mes amis*

*A tous ceux qui ont participés de près ou de loin dans la  
réalisation de ce travail*

## ملخص

تعتبر مواد الطين ذات اهمية في مختلف المجالات الصناعة و خاصة الطين المستخدم في التنقيب عن النفط بشكل عام .  
انها ذات هيكل جيد وليونة عالية .

الهدف من دراستنا هو تثمين هذه البنتونيت بهدف استخدامها كمركب طيني غير عضوي عضوي (نظام طين مستحلب  
معكوس) يستخدم في التنقيب عن النفط والذي يتكون من التفاعل الكيميائي للطين - السطحي

أظهرت نتائجنا أن تحليل المواد الماصة والتلطيخ وربط الجسور بفعالية الطين والمواد الخافضة للتوتر السطحي لتشكيل  
طين حفر.

**الكلمات المفتاحية** طين الحفر الطين التوتر السطحي

## Résumé

Les matériaux argileux présentent un intérêt dans les différents domaines industriels notamment les argiles utilisées dans le forage pétrolier d'une façon générale, ils sont de structure fine et de haute plasticité.

L'objectif de notre étude est la valorisation de ces bentonites en vue de leurs utilisations comme un composite matière argileux (système de boue à émulsion inverse) utilisé dans le forage pétrolier qui consiste en l'interaction chimique Argiles-Agent de surface.

Nos résultats montrent que l'analyse de l'adsorbants et sodification et pontage l'efficacité des argiles et les tensioactifs pour forme une boue de forage.

**Les mots clé :** boue de forage, argile, tensioactifs

## Abstract

Clay materials are of interest in various industrial areas, including clays used in oil drilling in general, they are of fine structure and high plasticity.

The objective of our study is the valorization of these bentonites with a view to their use as an inorgano-organo clayey composite (inverse emulsion mud system) used in oil drilling which consists of the chemical interaction clays-surfactant.

Our results show that the analysis of the adsorbents and sodification and bridging the effectiveness of clays and surfactants to form a drilling mud.

**Key words:** drilling mud, clay, surfactants

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I :La boue du forage.....	1
Introduction :.....	1
I.1 Définition de forage :.....	1
I.2 Définition de boue de forage : .....	1
I.3 Propriétés des fluides de forage .....	2
I.4 Composition des fluides de forage : .....	2
1. Les fluides à base d'eau – WBM (Water based muds) : .....	2
2. Les fluides à base d'huiles – OBM (Oil based muds) :.....	3
3. Les fluides à base d'huiles synthétiques – SBM (Synthetic based muds) .....	3
4. Les fluides de forage gazeux .....	3
5. Cas particulier : Les fluides de forage HTHP .....	4
I.5 Synthèse :.....	5
I.6 Fonctions dès le fluide de forage : .....	6
Chapitre II :Les argiles .....	8
II. Les Argiles .....	8
II.1 Généralités.....	8
1. Structure des minéraux argileux .....	8
2. La couche octaédrique .....	8
3. La couche tétraédrique.....	8
II.2 Les principales familles structurales.....	9
1) Famille des minéraux à 7A° : .....	9
2) Famille Des Minéraux A 10A° .....	10
3) Famille Des Minéraux A 14A° .....	10
<b>II.3.1 La Bentonite</b> .....	11
III.3.1 Propriété De La Bentonite : .....	12
II.3.2 Domaine d'utilisation .....	13
Chapitre III :Les Tensions actifs .....	15
Introduction :.....	15
III. Les Tensions Actifs :.....	15
III.2 Définition des tensioactifs : .....	15
III.2 Classification des tensioactifs :.....	16
III.2.1 Tensioactifs cationiques :.....	16

III.2.2	Tensioactifs anioniques : .....	16
III.2.3	Tensioactifs amphotères : .....	16
III.2.4	Tensioactifs non ioniques : .....	16
III.3.1	Généralités sur le mécanisme d'adsorption des surfactants cationiques :.....	18
III.3.2	Echange des cations interfoliaires par des cations organiques : .....	18
III.3.3	Influence de la nature de l'argile :.....	19
III.3.4	Influence de la densité de charge : .....	19
III.3.5	Influence du cation compensateur :.....	19
III.3.6	Influence de la nature de l'ion alkylammonium :.....	20
III.3.7	Organisation des ions alkylammonium à la surface des feuillets : .....	20
III.3.8	Capacité d'adsorption des argiles organophiles et applications : .....	21
Chapitre IV :Partie expérimentale .....		22
Introduction.....		22
IV.1	Préparation des adsorbants .....	22
IV.1.1.1	Purification de la bentonite .....	22
IV.1.1.2	Sodification de la bentonite .....	22
IV.1.1.3	Pontage de la bentonite avec Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (C <sub>19</sub> H <sub>42</sub> NBr) : ....	24
IV.2	Préparation d'une boue de forage à émulsion inverse par argile organophile :.....	24
Chapitre V :RESULTATS ET DISCUSSIONS .....		25
Introduction.....		26
V.1	Les différents résultats obtenus seront interprétés et discuté : .....	26
V.1.1	Résultats De L'Analyse Minéralogique Et Distances Réticulaires Des Bentonites : Brute Et Sodique (Mont-B ; Mont-Na) : .....	26
V.1.1.1	Résultats De L'Analyse Minéralogique Et Distances Réticulaires De La Bentonite Brute.	26
V.1.1.2	Résultats d'analyse minéralogique et distances réticulaires de la Bentonite purifié et sodique : 26	
V.1.1.3	Analyse Diffractométrique (DRX) de la bentonite ponté (organophile) Mon-Na-C <sub>19</sub> : ...	27
V.2	Résultats Des Analyses des Bentonites Brute, Sodique,Sodiques Greffées par (HDCTMABr) par la Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF) : .....	28
V.3	L'anlyse Chimique élémentaire par la Fluorescence X de boue de forage : .....	29
<i>Conclusions générales</i> : .....		30
<i>Les Annexes</i> .....		33

## Liste des figures :

Figure I 1 Cycle fluide sur le site de forage. ....	2
Figure II 1; Unités Structurelles (a, b). Tétraédriques et Octaédriques.....	9
Figure II 2: Micrographe De La Kaolinite. ....	9
Figure II 3: Structure De Minérale Argileuse (Illite). ....	10
Figure II 4: Structure De Minérale Argileuse « Chlorite ». ....	11
Figure II 5: Représentation Schématique De La Structure D'Une Montmorillonite. ....	12
Figure II 6: Etapes De Gonflement D'Un Agrégat (Bentonite MX-80). ....	13
Figure III 1 : Représentation schématique d'une molécule de tensioactif. ....	15
Figure III 2: Les différentes classes des émulsifiants. ....	17
Figure III 3:: Conformations probables des ions alkylammonium à la surface des feuillets selon Lagaly. ....	20
Figure IV 1: Schéma du procédé de préparation de l'argile sodique ....	23
Figure V 1: Diffractogramme de la Bentonite brute. ....	26
Figure V 2: Diffractogramme De La Bentonite Purifié et Sodique. ....	27
Figure V 3: Diffractogramme De La Bentonite organophile (Ponté). ....	28
Figure V 4: Spectre Infra Rouge des Bentonites Brute (a), Sodique (b), Organophile(c). ....	29

## Liste des tableaux :

Tableau I 1: Types des fluides de forage HTHP Formulation des fluides de forage ....	4
Tableau I 2: additifs utilisés dans la formulation des fluides de forage. ....	5
Tableau III 1 : Classification des TensioActifs. ....	17

## **Introduction générale :**

L'Algérie possède un riche potentiel pétrolier et gazier qui génère par son exploitation des entrées en devises et des milliers d'emplois. A la fin de ce siècle et au cours de développement économique et sociale du pays, de différentes recherches ont pu s'intéresser à ces richesses mais actuellement l'exploitation des hydrocarbures n'est atteinte que de 60% et les autres ne sont pas exploitées, exemple le gisement de Hassi Messaoud qui révèle encore aujourd'hui d'importantes réserves.

La réussite d'un forage des puits de pétrole et de gaz dépend principalement des paramètres de fluides de forage dites « Boue de Forage) [1].

Il existe deux importants gisements de bentonite dans l'ouest de l'Algérie, ce sont les gisements de Mostaganem (Hammam Boughrara) et de Roussel (Maghnia) exploités par l'entreprise (ENOF) [2].

Notre but est la valorisation de ces bentonites en vue de leurs utilisations comme un composite inorgano-organo argileux (système de boue à émulsion inverse) utilisé dans le forage pétrolier qui consiste en l'interaction chimique Argiles-Agent de surface.



# **Chapitre I :**

**La boue du forage**

## Introduction :

La réussite d'un forage des puits de pétrole et de gaz dépend principalement des paramètres de fluides de forage dites « boue de forage ».

### I.1 Définition de forage :

On appelle "forage pétrolier" l'ensemble des opérations permettant d'atteindre les roches poreuses et perméables du sous-sol, susceptibles de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux. L'implantation d'un forage pétrolier est décidée à la suite des études géologiques et géophysiques effectuées sur un bassin sédimentaire, ce qui permet d'avoir une idée de la constitution de sous-sol et des possibilités de gisements, sans pour autant préciser la présence d'hydrocarbures. L'opération de forage peut alors confirmer les hypothèses faites et mettre en évidence la nature des fluides contenus dans la roche.[3]

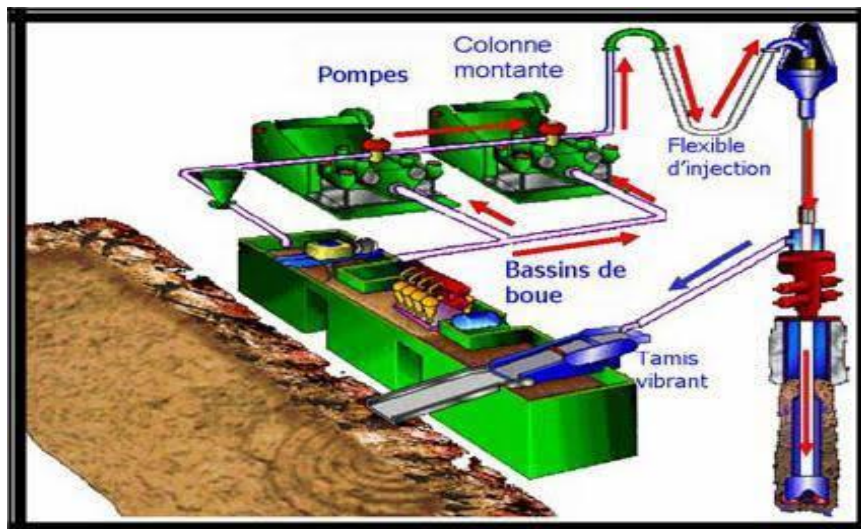
Il existe deux types de forage : les forages de développement et les forages d'exploration ;

- Les forages d'exploration incluent les opérations de forage permettant de déterminer la présence potentielle ou non d'un gisement d'hydrocarbures ;
- Les forages de développement consistent en des opérations de forage une fois qu'un gisement d'hydrocarbure a été découvert et délimité

### I.2 Définition de boue de forage :

Le fluide de forage ou boue de forage est un système constitué de différents composants liquides (eau, huile) ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant des additifs minéraux et organiques en suspension (boue, polymères, conservateurs de tension superficielle, ciment...) [4].

Le fluide doit être compatible avec les roches qui seront formées, et à la sortie du puits, il subit plusieurs traitements, tamisage, dilution et ajout de produits pour ajuster ses propriétés physiques et chimiques en vue de sa réutilisation.[5]



*Figure I 1 : Cycle fluide sur le site de forage.*

### I.3 Propriétés des fluides de forage

Ses principales caractéristiques sont :

- La masse volumique ou densité : elle constitue un paramètre essentiel dans le maintien des parois du trou et les fluides en place dans les formations géologiques traversées.
- La viscosité : c'est la caractéristique qui permet au fluide de suspendre et, par conséquent, transporter les déblais.
- Le filtrat : c'est l'eau qui pénètre dans la formation géologique pour permettre le dépôt d'une couche de solides, appelée cake, qui enveloppe les parois du puits. [6]

### I.4 Composition des fluides de forage :

En général, les fluides de forage sont identifiés par les classes suivantes : WBM, OBM, SBM, fluides de forage gazeux, fluides de forage HTHP. [7].

#### 1. Les fluides à base d'eau – WBM (Water based muds) :

Ces fluides sont composés d'un mélange d'eau (eau douce, eau de mer, eau saumâtre) et d'argile (bentonite), en plus d'autres additifs. Ils sont généralement employés pendant les premières étapes du forage.

#### Exemple d'une formulation de WBM :

76% d'eau, 14% de barite (alourdissant), 6% d'argile, 4% d'additifs.

## 2. Les fluides à base d'huiles – OBM (Oil based muds) :

Ces fluides sont constitués d'une phase continue qui peut être une huile minérale ou organique (gazole), et d'une phase dispersée qui est l'eau.

Si l'eau se trouve avec une concentration de moins de 5%, le système (le fluide de forage) est dit fluide à base d'huile, sinon le système est dit fluide émulsionné inverse.

Les OBM sont utilisés lorsque le forage atteint certaines profondeurs où les WBM n'affichent pas d'excellentes performances.

### Exemple d'une formulation d'OBM :

46% d'huile, 33% de barite, 18% d'eau saumâtre, 2% d'émulsifiant, 1% de gélifiant.

## 3. Les fluides à base d'huiles synthétiques – SBM (Synthetic based muds)

A cause de la présence de substances toxiques (tel que les hydrocarbures aromatiques polycycliques "HAP") dans les OBM, et en raison de certaines restrictions visant à garantir la protection de l'environnement, une nouvelle gamme de fluide à base d'huiles synthétiques « SBM » a été conçue.

La formulation des SBM est presque la même que celle des OBM. Ils sont caractérisés par une phase continue composée des matières synthétiques (esters, éthers, paraffines et oléfines) ou d'huiles végétales, en plus d'autres additifs (émulsifiant, mouillant, viscosifiant, etc.).

Les SBM sont largement employés dans les forages, en raison de leur excellente biodégradabilité, et de leur faible toxicité

## 4. Les fluides de forage gazeux

Ces fluides sont constitués d'une phase continue (air, mousse, boue aérée) mélangée avec de l'eau. Leur utilisation est indispensable dans le cas où différents problèmes aient lieu pendant le forage, par exemple :

- Les fluides à base d'air : Utilisés pour éviter des problèmes de perte de boues lors de leur circulation, ou dans le forage de formations sous pression, ainsi que du fait qu'ils soient légers.

- Les fluides à base de mousse : Dans le cas où les formations à forer sont fracturées, ou quand le forage à l'air est impossible du fait des faibles pressions développées par ce dernier.

## 5. Cas particulier : Les fluides de forage HTHP

Cette gamme de fluides est employée lorsque les puits à forer se trouvent dans des profondeurs caractérisées par des conditions extrêmes en pression et en température, d'où l'appellation fluide de forage HTHP. Dans ce contexte si particulier, les gisements d'hydrocarbures sont localisés dans des formations géologiques identifiées par une pression et une température qui dépassent les 1034 bars et 177°C.

Jusqu'à présent, trois gammes de fluides HTHP sont recensées, ils sont représentés dans le tableau suivant en fonction de la température et de la pression du gisement. [7]

Fluides HTHP	Température (C°)	Pression
HTHP standard	177-204	1034-1378
Ultra HTHP	204-260	1378-2068
Extrême HTHP	>260	>2068

*Tableau I 1: Types des fluides de forage HTHP Formulation des fluides de forage*

Les problèmes rencontrés dans les forages ont conduit à l'amélioration des propriétés des fluides de forage. Leurs formulations ont connu une évolution continue, passant d'un simple mélange (eau - argile), à des formulations complexes, renfermant plusieurs substances, dans le but d'améliorer les propriétés rhéologiques de ces fluides, et afin d'optimiser la capacité de production du gisement.

Une multitude d'additifs est identifiée dans les formulations des fluides de forages. Ces additifs peuvent être des : agents alourdissant, inhibiteurs de corrosion, réducteurs de filtrat, émulsifiant, viscosifiants, de flocculant, etc.

Une multitude d'additifs est identifiée dans les formulations des fluides de forage (*Plus de 55 selon Khodja & col*). Ces additifs peuvent être des : agents alourdissant, inhibiteurs de corrosion, réducteurs de filtrat, émulsifiant, viscosifiants, de flocculant, etc. [7]

Le tableau suivant présente quelques additifs utilisés dans la formulation des fluides de forage

Additif	Substance utilisée	Fonction
Viscosifiant	Argiles naturelles (bentonite)	Augmentation de la viscosité.
Réducteur de filtrât	Amidons, carboxy-méthyl-celluloses (CMC),  Celluloses polyanioniques (PAC), résines.	Consolidation de la perméabilité du cake.
Inhibiteur de gonflement	KCl, glycérol, silicates, polymères (polyacrylamide partiellement hydrolysé <<PHPA>>, les polyalkylène glycols <<PEG>>)	Empêchement du gonflement du fluide de forage.
Alourdissant	Barite, calcite, hématite	Augmentation de la densité du fluide.
Colmatant	Granulés (coquille de bois), fibres (fibre de bois, canne à sucre), lamellaires (céréales ).	Prévention contre les pertes de fluides lors de la circulation.
Lubrifiant	Huiles aromatisées, éthers.	Lubrification des outils de forage
Mouillant	Acides sulfoniques, amides, polyamides.	Diminution des tensions interfaciales.
Emulsifiant	Chaux (hydroxyde de calcium). Métaux lourdes.	Stabilisation des émulsions.

*Tableau I 2: additifs utilisés dans la formulation des fluides de forage.*

## I.5 Synthèse :

Les fluides ou boues de forages, qu'ils soient à base d'eau ou à base d'huile, regroupent différentes substances chimiques dont le caractère toxique et les impacts sur l'environnement ne peuvent être négligés, surtout si au terme de leur cycle de vie, aucune

procédure de traitement d'envergure ne leur est destinée.

Dans certains cas, la seule action entreprise quant au devenir des boues de forage en fin de cycle de vie, consiste en un rejet dans des bourbiers ou en pleine mer (*pour les forages offshore*), laquelle pratique, sera à l'origine de multiples conséquences nuisibles pour l'environnement, la population, ainsi que la faune et la flore.

La mise en place de stratégies de management environnemental est indispensable afin de prévenir les conséquences du non-traitement des boues de forage, et qui seront une excellente opportunité pour réduire l'empreinte écologique des boues de forage. [7]

## **I.6 Fonctions dès le fluide de forage :**

### **Le nettoyage du puits :**

Consiste à nettoyer les morceaux de couche excavés et à les remonter à la surface.

### **Refroidissement des outils de percage :**

Pendant le processus de forage, la température augmente en raison de la chaleur des couches profondes et du frottement des outils de forage à l'intérieur du puits. Ceci est prédominant à la corrosion de l'équipement, de sorte que le rôle des fluides de forage consiste à réduire la température.

### **Eh bien la sécurité :**

Chaque couche a deux types de pression : la pression de porosité et la pression de rupture/déchirure. Ainsi, lorsque le puits est rempli de fluides de forage, dont le poids forme une troisième pression appelée pression hydrostatique, cette dernière contrôle la sécurité du puits pendant le forage, car elle se situe à mi-chemin entre les deux premières pressions. Elle est inférieure à la pression de fracture afin de ne pas déchirer la couche et le fluide de forage y pénètre, et elle est supérieure à la pression de porosité, car la pression de porosité ne peut pas s'écouler dans le puits et la rendre incontrôlable.

### **Eh bien la stabilité :**

Les classes les plus faibles de La porosité est très élevée et les non-cohérents tombent dans le puits lors du forage. Sous l'effet de la pression des fluides de forage, une partie des fluides est filtrée et passe dans les fissures des nappes, laissant sur les parois du puits une

couche de matériaux constituant les fluides de forage appelée gâteau de filtration. Le filtre agit pour empêcher les couches de tomber dans le puits et stabilise le puits pendant le processus de forage.

**Informations sur le puits et les strates :**

Fluides de forage pour transporter les morceaux des couches formées et les transporter à la surface. Ces pièces vérifient et donnent des informations sur les couches et l'état du puits.



# **Chapitre II :**

## **Les argiles**

## II. Les Argiles :

### II.1 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 » ou 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 aplatie. Ils 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 carbonatés [8].

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, dont la dimension moyenne est de  $2\mu$  environ [9].

Ils possèdent 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 négligeables 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 [10].

#### 1. Structure des minéraux argileux

Les cristallites d'argile sont formées par un empilement parallèle de feuillets élémentaires dont le squelette est essentiellement constitué par des ions oxygènes et hydroxyles.

Les cations beaucoup plus petits se logent dans les cavités de squelette.

#### 2. La couche octaédrique

Cette structure est composée de deux feuillets d'oxygènes ou hydroxyles compacts dans lesquelles des ions d'aluminium, de fer et de magnésium sont incrustés.

#### 3. La couche tétraédrique

Dans chaque couche tétraédrique, un atome de silice se trouve au centre d'un tétraèdre à équidistance des quatre atomes d'oxygènes ou d'hydroxyles.

Les groupes tétraèdres de silice sont disposés en réseau hexagonal qui se répète à l'infini pour former une feuille de composition  $Si(OH)_4$ .

C'est les différentes combinaisons entre les deux unités (la feuille octaédrique d'alumine et feuille tétraédrique de silice) ainsi que la modification de la structure de base qui forment la gamme des minéraux argileux possédant des caractéristiques différentes.

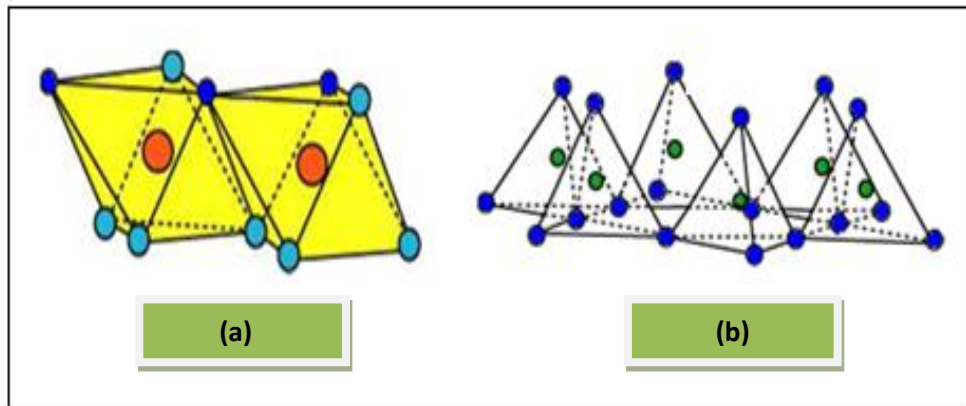


Figure II 1; Unités Structurelles (a, b). Tétraédriques et Octaédriques.[11]

## II.2 Les principales familles structurelles

Il existe plusieurs familles de minéraux (Phyllosilicates)[12].

- La famille des minéraux à 7 Å°
- La famille des minéraux à 10Å°.
- La famille des minéraux à 14 Å°.

### 1) Famille des minéraux à 7Å° :

Chaque feuillet est constitué par l'association d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique, le représentant de cette famille et le plus commun est la kaolinite, c'est un minéral di octaédrique où il se produit très peu de substitutions iso morphiques. En adoptant une écriture verticale, correspondant à l'axe Z du feuillet, on représente les schémas des motifs unitaires [12].

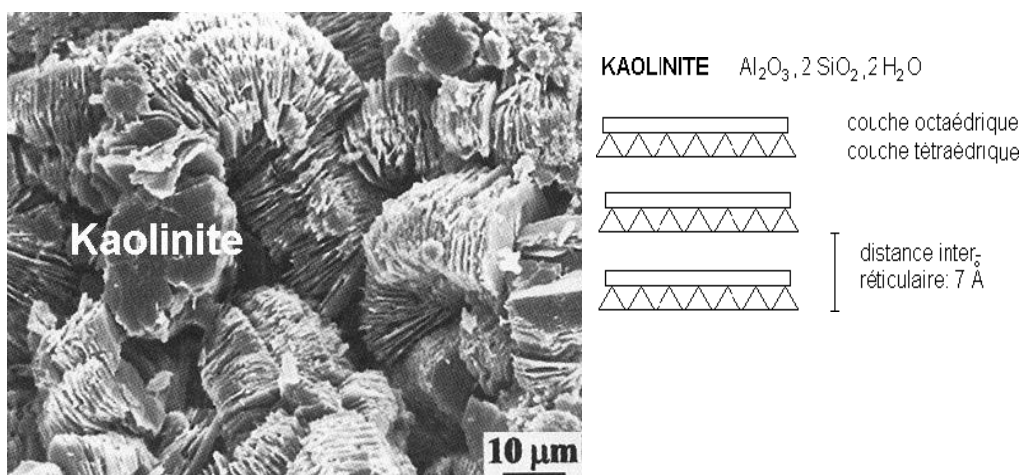
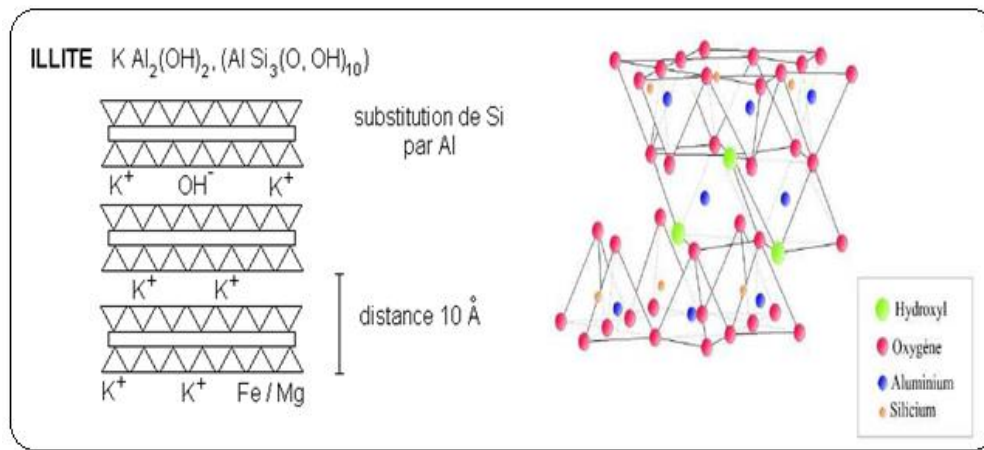


Figure II 2 : Micrographie De La Kaolinite.[13]

## 2) Famille Des Minéraux A 10A°

C'est une famille où chaque feuillet est constitué par une couche octaédrique prise en sandwich par deux couches tétraédriques. C'est l'une des plus importantes par le nombre de variétés et par la fréquence de sa présence dans les sols. Les éléments les plus communs de cette famille, sont en trop, les micas plus ou moins altérés (illites) et la glauconite. L'illite se présente sous forme des feuillets de 10A° à trois couches.



*Figure II 3: Structure De Minérale Argileuse (Illite).*

## 3) Famille Des Minéraux A 14A°

Cette famille de minéraux se distingue des deux autres, par sa structure composite formée par la superposition de deux feuillets élémentaires, un feuillet à 14A° du type Mica, et d'un feuillet brucitique.

Les éléments appartenant à cette famille sont appelés généralement les chlorites vrais, qui sont caractérisés par une équidistance stable, du fait que le feuillet brucitique. Critique est électriquement chargé. Lorsque ces chlorites présentent un déficit de charge, La substitution peut se faire par la présence des cations hydratés entre deux feuillets, ce qui conduit à des chlorites gonflants [12].

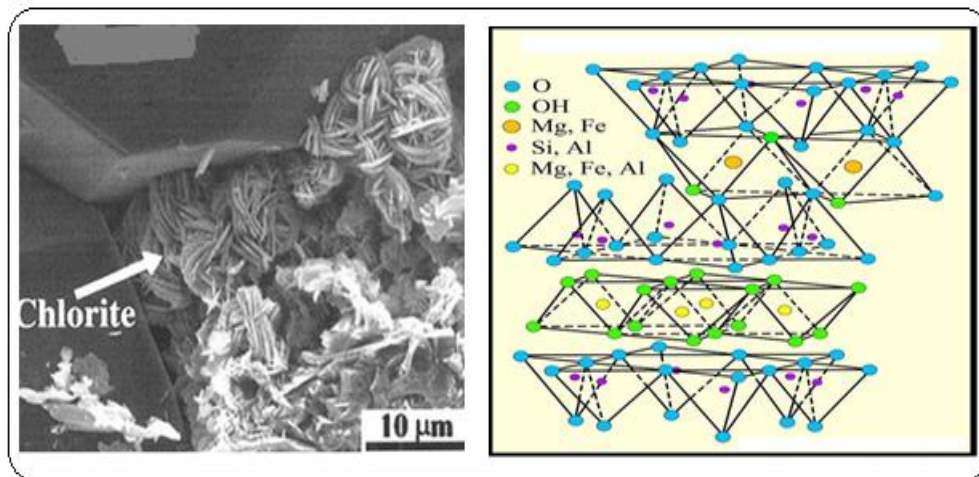


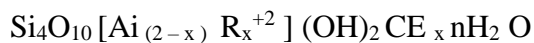
Figure II 4: Structure De Minérale Argileuse « Chlorite ».[14]

### II.3.1 La Bentonite

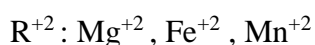
Le mot « Bentonite », dérivé du nom Fort Benton dans le Wyoming (USA) où en 1888 fut découverte une nouvelle variété d'argile, il s'agit d'une appellation technique, donnée pour toute argile ayant comme composant principal la montmorillonite, dont le nom fut proposé en 1847 par Damour et Salvetat pour rappeler le nom de la montagne Montmorillon, près de Vienne (France) où elle a été découverte pour la première fois.

La montmorillonite est généralement un produit d'altération de roches éruptives, quelques fois de cendres volcaniques, la montmorillonite caractérise les milieux sédimentaires relativement riches en bases ; particulièrement en Mg et PH légèrement ou nettement alcalin. [15]

#### La formule :



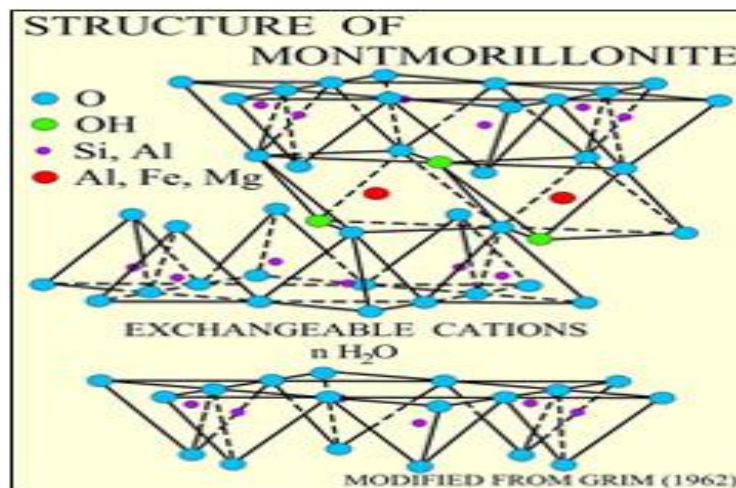
Avec :



X : charge du feuillet

CE : cations interfoliaires :  $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2} \dots$

R : est constitué de magnésium (Mg) dans les montmorillonites types, aussi il existe un nombre de variétés chimiques ou R est remplacé par différents cation divalent Fe, Mn, Cr.



**Figure II 5: Représentation Schématique De La Structure D'Une Montmorillonite.**

Nous avons précédemment vu que le feuillet de la montmorillonite est du type 2/1.

Chaque couche octaédrique est comprise entre deux couches tétraédriques, l'équidistance entre feuillets est de  $10\text{\AA}$ , les sommets des octaèdres sont constitués par quatre atomes d'oxygène et deux ions hydroxyles reliés à l'atome d'aluminium central par des liaisons de coordinance.

Les tétraèdres ont leurs sommets occupés par des atomes d'oxygène à l'atome de silicium central et aux atomes d'oxygène des octaèdres par des liaisons de covalence.

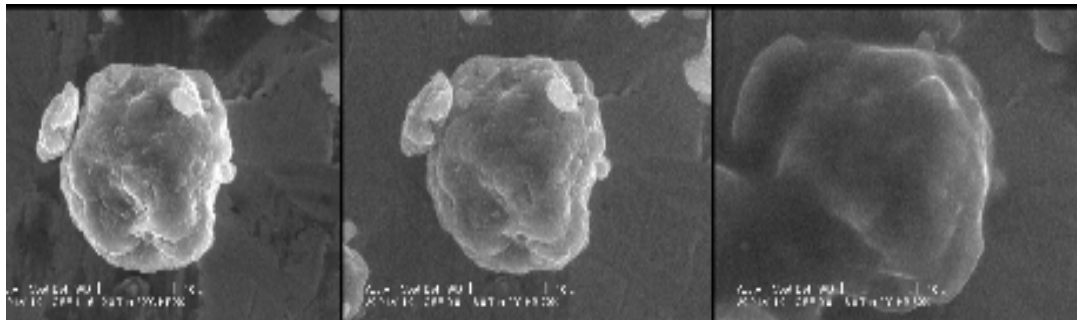
On constate que deux cavités hexagonales peuvent se trouver superposées et dont certains ions métalliques de grande dimension tels que le Calcium de  $1,06\text{\AA}$ , ou le Sodium  $0,98\text{\AA}$  peuvent y prendre place, ces derniers, demeurent à l'extérieur au réseau et échangeables et leur fixation permet la compensation d'un déficit électrique dû à la substitution partielle dans le réseau cristallin de  $Al^{+3}$  par  $Mg^{+2}$  [15].

### III.3.1 Propriété De La Bentonite :

La bentonite possède des propriétés particulières qui la distinguent des autres minéraux argileux et qui sont :

- ✓ La faible cohésion entre les feuillets, le clivage est aisé et spontané dans l'eau.

(Une grande dispersion). Lorsqu'il n'y a pas de clivage, l'eau et ses électrolytes pénètrent entre les feuillets et les font écarter, cette propriété est celle du gonflement et elle est spécifique. (Figure 7).



*Figure II 6: Etapes De Gonflement D'Un Agrégat (Bentonite MX-80).[16]*

La dispersion étant grande, la réactivité de surface est également grande est particulièrement vis-à-vis des ions  $\text{OH}^-$ .

- ✓ Les suspensions de bentonite très finement divisées sont, très sensibles à la valeur du pH, à la nature et à la concentration des électrolytes, présentent une grande partie des propriétés des suspensions colloïdales.
- ✓ Les cations fixés à la surface des feuillets ont des propriétés particulières, ils sont remplaçables par d'autres cations suivant une réaction d'échange d'ions entre deux sels.
- ✓ Il s'agit en réalité d'une réaction réversible à laquelle sont applicables toutes les lois classiques des équilibres chimiques (lois d'action de masse, lois du déplacement d'équilibre, etc.).

### **II.3.2 Domaine d'utilisation**

- ✓ La structure particulière de la bentonite et son exploitation peu onéreuse lui confèrent certaines propriétés. Elle se caractérise par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement, aussi par des propriétés rhéologiques particulières (thixotropie) qui rendent son application très utile dans divers domaines.
- ✓ On peut citer son emploi comme terre décolorante dans l'industrie des matières grasses, en tant que liant dans le génie civil et comme catalyseur et échangeur d'ions dans l'industrie chimique et pétrolière.
- ✓ Aussi, elle est utilisée dans l'industrie du papier, textile, et du cuir, comme sorbant adéquat dans l'épuration des eaux résiduaires contaminées par les métaux lourds, et dans les produits cosmétiques [17].

- ✓ Dans le domaine de forage elle constitue un support colloïdal des boues à base d'eau et un allégeant dans les laitiers de ciment.
- ✓ Elle est utilisée sous forme d'argile pontée avec la formation des matrices inorgano-organo argileuses par procédé d'intercalation des différentes substances organiques. (Colorants, acides gras, etc....).



# **Chapitre III :**

## **Les Tensions actifs**

## Introduction :

L'eau est composée des molécules électriquement neutres, mais très polaires, c'est à dire avec une répartition très marquée des charges électriques portées par les électrons des trois atomes.

L'atome oxygénée attire en effet fortement les électrons des atomes d'hydrogène avec les quels il est lié chimiquement .

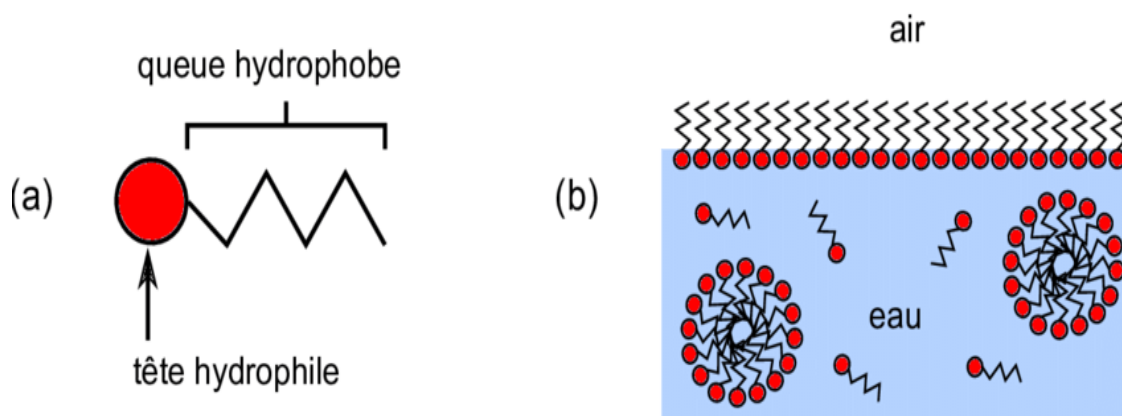
Or ,un principe de la chimie des solvants veut que seuls les corps de même nature peuvent se mélanger :ainsi ,l'eau peut dissoudre d'autres substances polaires (alcool,sel,sucres,ammoniac ...).mais les huiles et les grasses des fibres des tissus ,les produits de lessives ont recours aux tensioactifs ,on aux agents de surface ,constitués d'une chaîne carbonée (lipophile),cette dernière lipophile,s'accroche à la graisse des taches alors que la tête hydrophile est attirée par l'eau [15,18].,enfin comme résultats : la tache grasse est décollée de la fibre ,et mise en suspension dans l'eau [17 ,19].

## III. Les Tension Actifs :

### III.2 Définition des tensioactifs :

Les tensioactifs sont très couramment associés dans les formulations industrielles de manière à tirer profit de leurs propriétés caractéristiques individuelles. Bien souvent, les molécules amphiphiles apportent leurs propriétés d'adsorption aux interfaces.

Les tensioactifs sont des molécules organiques amphiphiles,comportant deux parties bien distincte : une tête polaire hydrophile qui présente une forte affinité pour les molécules d'eau et une queue a polaire hydrophobe (lipophile), que les molécules d'eau ont plutôt tendance à fuir(Figure III.1), la tête hydrophile est généralement constituée d'un ion ou d'un groupement possédant un moment dipolaire et la queue hydrophobe d'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 conséquence de modifier l'énergie de l'interface.



*Figure III 1 : Représentation schématique d'une molécule de tensioactif.*

Avec l'adsorption aux interfaces, la propriété la plus intéressante des tensioactifs dans l'eau est certainement leur capacité à former des agrégats ordonnés, une fois que leur concentration dépasse un certain seuil, la concentration micellaire critique (CMC). La CMC est alors définie comme étant la

concentration au-delà de laquelle les molécules de tensioactifs s'auto associent et s'arrangent sous forme d'agrégats particuliers appelés micelles.

### III.2 Classification des tensioactifs :

Les agents tensioactifs sont historiquement répartis selon la charge qu'ils libèrent en solution aqueuse.

#### III.2.1 Tensioactifs cationiques :

La partie hydrophile est chargée positivement. Ces surf-actifs possèdent un ou plusieurs groupements qui s'ionisent en solution aqueuse en donnant naissance à un cation organique tensioactif et à un anion de faible masse moléculaire. En pratique, ces tensioactifs appartiennent soit à la famille des amines grasses soit à celle des hétérocycles azotés.

La propriété qui les distingue des autres tensioactifs et qui assure leur développement, est leur caractère bactéricide. De plus, ils ont la propriété physico-chimique des'adsorber très facilement sur les surfaces chargées négativement, normalement hydrophiles, pour les rendre lipophiles.

#### III.2.2 Tensioactifs anioniques :

La partie hydrophile est chargée négativement. Les tensioactifs anioniques s'ionisent en solution aqueuse pour fournir un anion organique tensioactif et un cation généralement de faible masse moléculaire, souvent un métal alcalin.

Exemple : le dodécylsulfonate de sodium  $C_{12}H_{25}SO_3Na$

#### III.2.3 Tensioactifs amphotères :

La partie hydrophile comporte une charge positive et une charge négative, la charge globale est nulle. Les tensioactifs dits amphotères possèdent deux groupes fonctionnels, l'un anionique et l'autre cationique, comme par exemple les alkyl aminoacides et les bétaines. Selon les conditions du milieu, ils peuvent s'ioniser en solution aqueuse en conférant

Au tensioactif un caractère anionique aux pH alcalins et un caractère cationique aux pH acides. En milieu acide, ils se comportent comme des cationiques.

#### III.2.4 Tensioactifs non ioniques :

La molécule ne comporte aucune charge nette. Ces surfactants sont constitués de substances qui ne s'ionisent pas en solution aqueuse : leur charge est donc a priori nulle. Cependant, ils ont la particularité de posséder de longues chaînes polaires capables de former des liaisons hydrogène avec des molécules d'eau.

Ce type de tensioactif se forme par condensation d'alcools gras et d'oxyde d'éthylène.

Classes	Group	Exemples
Tensioactifs Anioniques	Savon	Stéarate de Sodium $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}^-\text{Na}^+$ .
	Dérivés sulfatés	Lauryl Sulfate de sodium $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{CH}_2-\text{OSO}_2^-\text{Na}^+$ .
	Dérivés Sulfonés	Dodécyl Benzene sulfonate $\text{C}_{12}\text{H}_{35}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3^-\text{Na}^+$ .
Tensioactifs Cationiques	N-Aliphatiques	Bromure de Cétyl Triméthyl Ammonium (Bromide , Chloride) $\text{C}_{16}\text{H}_{33}-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3-\text{Br}^-$ .
Tensioactifs Amphotères	Bétaïnes	N-Alkyl Bétaïnes . $\text{R}-\text{N}^+(\text{CH}_3)_2-(\text{CH}_2)-\text{COO}^-$
Tensioactifs non Ioniques	Aminoacides	Alkyl Amino Mono Propionate. $\text{R}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}^-\text{H}^+$
	A liaison Ester	Esters de Glycérol $\text{HOH}_2\text{C}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{O}-\text{OC}-\text{R}$
	A liaison Ether	Alcools Polyxyéthélinés $\text{R}-\text{O}(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ .
	A liaison Amide	Diéthanolamides. $\text{R}-\text{CO}-\text{N}(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH})_2$

Tableau III 1 : Classification des TensioActifs

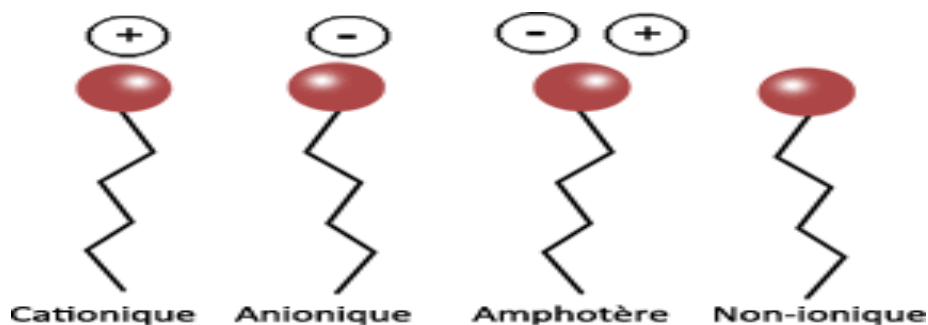


Figure III 2:Les différentes classes des émulsifiants.

### III.3.1 Généralités sur le mécanisme d'adsorption des surfactants cationiques :

L'adsorption des surfactants cationiques sur l'argile est d'un grand intérêt et d'une importance fondamentale. Elle a suscité beaucoup de travaux de recherches (*Larpen, 1995*) [20]. L'adsorption des surfactants sur des substrats minéraux est régie principalement par des interactions

Électrostatiques et hydrophobiques qui incluent à la fois l'interaction entre le surfactant et la surface du substrat et l'interaction mutuelle entre les molécules du surfactant. A faible recouvrement de surface, les cations du surfactant s'adsorbent physiquement comme ions individuels sur les sites de surface à charge négative. Dans cette première étape d'adsorption les cations s'échangent avec des protons ou cations présents à l'interface solide liquide.

Le surfactant se fixe sur la surface par sa partie hydrophile une fois la charge de la surface compensée, la force motrice d'adsorption du surfactant est affaiblie. La surface devient hydrophobe.

Si ce type de recouvrement n'est pas capable de former une monocouche sur la surface de l'argile, un recouvrement supplémentaire aura lieu grâce à des forces de Van Der Waals.

Les molécules de surfactants se fixent à la surface par leur partie hydrophobe.

### III.3.2 Echange des cations interfoliaires par des cations organiques :

Les argiles naturelles ou synthétiques sont des minerais hydrophiles qui, par un traitement chimique peuvent être rendues organophiles, c'est à dire compatibles avec les polymères organiques conventionnels.

Parmi les méthodes de modification organophiles, l'échange cationique est celle la plus couramment mis en oeuvre. Les cations les plus fréquemment utilisés sont les ions alkylammoniums. La substitution est réalisée en milieux aqueux, car le gonflement de l'argile facilite l'insertion des ions alkylammoniums au sein des galeries interfoliaires. Après filtration de la suspension et séchage de l'argile, la présence des ions alkylammoniums à la surface des feuillets, des particules primaires, et des agrégats confère à l'argile un caractère organophile. De plus, leur intercalation entre les feuilles entraîne une augmentation de la distance interfoliaire (*Nogueira Duarte 2005*) [21]. Pour rendre une argile organophile, il faut tenir compte (*Wang et Al 1998*) : [22]

- de la nature de l'argile ;
- de sa densité de charge ;
- de la nature des cations de compensation ;
- de la nature des cations que l'on souhaite intercaler ;
- les conditions de mise en oeuvre (la concentration de la solution, la durée de la réaction, la température,).

### III.3.3 Influence de la nature de l'argile :

La quantité d'ions modifiants adsorbée à la surface des feuillets dépend du nombre de sites accessibles, donc de la CEC et de la structure du minérale argileux.

Par exemple, dans le cas de vermiculites, les cations compensateurs peuvent être hydratés, car la densité de charges est moins importante que dans le cas de micas. Cependant, la CEC des vermiculites est très élevée (environ 200 meq /100g) et un échange cationique trop important peut également être contraignant pour la réalisation de nanocomposites.

En effet, la diffusion de molécules dans les espaces interfoliaires peut être limitée par un encombrement stérique trop important (*Lan et Al 1995*).

### III.3.4 Influence de la densité de charge :

Les substitutions isomorphes de la montmorillonite se situent dans les couches octaédriques. Les interactions électrostatiques avec les cations compensateurs sont donc atténuées par la couche tétraédrique. Ceci présente le compromis le plus intéressant entre une CEC suffisamment importante pour permettre une modification organophile de qualité sans encombrer stériquement l'espace interfoliaire, et suffisamment faible pour permettre la séparation des feuillets en milieux aqueux.

### III.3.5 Influence du cation compensateur :

Le cation compensateur inorganique de l'argile que l'on veut remplacer a également une influence. Ceci est lié à son rôle lors de la dispersion de l'argile en solution aqueuse.

Les cations les plus gros et les fortement chargés limitent l'ouverture des espaces interfoliaires et sont moins facilement échangeables.

L'effet de la charge portée par le cation a également été observé par (*Mac Atee, Am 1959*)[23]. Il a prouvé que pour un même ion alkyl ammonium, un échange total se fait avec une montmorillonite sodique alors qu'il reste limité à 70 ou 80 % avec des montmorillonites contenant des ions calcium ou magnésium.

En résumé, plus le cation compensateur est petit et mobile, plus l'échange cationique est facilité. Les cations compensateurs le plus fréquemment présents dans les argiles peuvent donc être classés par ordre croissant d'aide à l'échange cationique :  $\text{Cs}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{Li}^+$ .

### III.3.6 Influence de la nature de l'ion alkylammonium :

Le type d'ion alkylammonium joue un rôle important sur l'échange cationique. En effet, la longueur de la chaîne carbonée, la taille et la forme de la tête polaire, ainsi que les groupements organiques portés par l'ion ont des influences non négligeables sur l'efficacité de l'échange.

L'augmentation de l'espace interfoliaire, est liée à la longueur de la chaîne carbonée de l'ion alkylammonium (*Pinnavaia et Al 1996*). Ainsi, en augmentant la longueur de la chaîne carbonée, on augmente la contribution entropique de l'énergie d'adsorption et on développe plus d'interactions de Van der Waals.

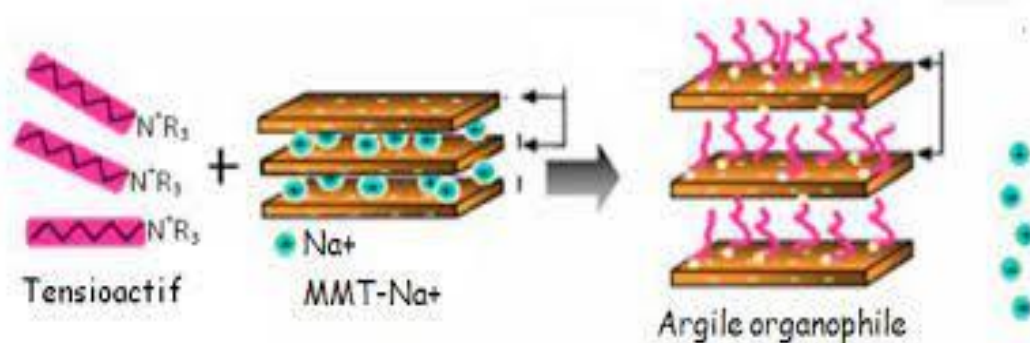
La fixation des cations organiques dépend également de la taille et de la forme de la tête polaire (*Roland et Weiss 1963*). Les résultats des travaux de *Mac Atee, Am (1959)* ont montré que les ions issus d'amines primaires ne s'adsorbaient pas en quantité suffisante pour atteindre la CEC contrairement aux ammoniums quaternaires. Il a également été démontré que la force des liaisons des dérivés aminés décroît fortement des composés primaires aux secondaires et aux tertiaires.

### III.3.7 Organisation des ions alkylammonium à la surface des feuillets :

Il n'est pas aisé de maîtriser la structure obtenue après la modification organophile, car les chaînes peuvent adopter différentes conformations au sein de l'espace interfoliaire

(*Lagaly 1986*), le d'arrangement obtenu dans ces espaces est fortement dépendant de la concentration initiale en alkylammonium par rapport à la CEC de la montmorillonite. En effet, l'adsorption de la première couche d'ions à la surface est liée au processus d'échange cationique, mais les couches adsorbées par la suite sont liées à la première par des interactions chaîne/chaîne de type Van der Waals et suivent des lois d'adsorption classiques. Lagaly a décrit les conformations probables des ions alkylammonium à la surface des feuillets. Selon la longueur de la chaîne carbonée et le déficit de charges du feuillet, ils peuvent s'organiser en

Monocouches, en bicouches, suivant un arrangement pseudo trimoléculaire ou de type paraffinique.



*Figure III 3:: Conformations probables des ions alkylammonium à la surface des feuillets selon Lagaly.*

Par ailleurs, Gherardi, 1998 a décrit l'organisation d'ions alkyl ammonium de chaînes carbonées possédant plus de douze groupements méthylène, dans le cadre d'adsorption supérieure à la CEC et ses conséquences sur l'organisation multi-échelle des montmorillonites en solution aqueuse. L'auteur constate que si la concentration initiale en ions est égale à la CEC de la montmorillonite, l'argile est totalement hydrophobe et flocule du fait des interactions entre chaînes carbonées. Les particules primaires sont alors composées de 7 à 8 feuillets. Les interprétations et les propositions de conformations des chaînes faites par Lagaly utilisent uniquement des mesures de diffraction de rayons X et se basent sur l'hypothèse du cas idéal d'un arrangement des carbones de la chaîne alkyle en conformation trans.

Vaia et Al (1994)[24] ont montré en mesurant par spectrométrie Infra Rouge les variations des longueurs d'ondes associées aux vibrations des groupements méthylène, et ont affirmé que cette hypothèse n'était pas vérifiée.

L'utilisation de la modélisation par dynamique moléculaire permet désormais de confirmer que l'organisation des chaînes dans les galeries est plus complexe que celle décrite par Lagaly dans les années 80. Les travaux de modélisation de Hackett et al (1998) ont montré que les chaînes alkyl ammonium présentaient dans les espaces interfoliaires une forte tendance à se coucher sur la surface des feuillets tant que la densité de la matière organique dans cette espace reste faible. Le passage d'une monocouche à une bicouche puis à un arrangement pseudo-trimoléculaire se fait pas à pas en fonction de la densité de matière dans l'espace

Interfoliaire. Pospisil et al (2002) ont mis en évidence que l'augmentation de la concentration en ions alkyl ammonium lors de l'échange cationique permettait d'obtenir des distances interfoliaires plus importantes dues à l'obtention de structures paraffines dans l'espace interfoliaire.

### III.3.8 Capacité d'adsorption des argiles organophiles et applications :

Pour la plupart, plus la quantité de la matière organique d'un organo argile augmente, plus la capacité d'adsorption augmente aussi. En outre, les cations à chaîne alkyl linéaire possèdent de plus hautes capacités d'adsorption que celles des cations cycliques similaire Jaynes et Vance (1996), Soule et Susan (2001) ont démontré quand la chaîne carbonée est longue, l'adsorption des composés organiques non ionique passe d'un mécanisme d'adsorption à celui d'un partage.

# **Chapitre IV :**

## **Partie expérimentale**



## Introduction

Notre étude expérimentale a porté sur :

IV.1. Préparation des adsorbants telles que, la bentonite sodique et pontée avec la tension actif Cationique Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide ( $C_{19}H_{42}NBr$ ) par les opérations suivantes concernant, la purification et la sodification.

IV.2. Le pontage de la bentonite avec la tension active Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide ( $C_{19}H_{42}NBr$ ).

IV.3. Enfin la préparation de notre fluide de forage à emulsion inverse dite boue de forage.

## IV.1 Préparation des adsorbants

### IV.1.1 Traitement préliminaire :

#### IV.1.1.1 Purification de la bentonite

Le traitement préliminaire de la bentonite naturelle consiste à la débarrasser de toutes les phases cristallines (quartz, feldspath, calcite...), que de la matière organique. Ce procédé est réalisé selon le mode opératoire suivant :

120g d'argile sont dispersés dans un bécher de 5L contenant 1,5l d'eau distillée.

L'agitation est maintenue pendant 30 min. Une solution tampon (Citrates de sodium,

Chlorure de sodium et Bicarbonate de Sodium), telle que le pH du milieu égale à 7.3.

Le mélange est chauffé sous agitation mécanique à une température de  $40C^{\circ}$  pendant 60min on ajoute ensuite lentement 3.5g de thiosulfate de sodium  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ , puis il est refroidi est centrifugé à 300 tr/min pendant 15 min.

Le culot d'argile est lavé par une solution d'acide chlorhydrique à 0.1M pendant deux heures (02H). Après centrifugation l'argile est redispersée dans un litre (01l) d'eau oxygéné  $H_2O_2$  à une concentration égale à 0,03M pendant quarante-huit heures (48H). Puis chauffée à  $70C^{\circ}$  pendant 30min.

#### IV.1.1.2 Sodification de la bentonite [25,26]

Opération a pour but de traiter la bentonite purifiée par homoionisation sodique (sodification) qui permet à remplacer tous les cations échangeables de natures diverses par des cations de sodium tous identiques. Permet aussi d'avoir des fractions granulométriques bien définies, de taille inférieure à 2 micromètres ( $<2\mu m$ ), qui correspondent à la montmorillonite homoionique sodique, le protocole opératoire suivant a été adopté :

50g d'argile sont introduits dans un b cher contenant un litre de solution de Na Cl pur à 1N La suspension est ensuite agit e à l'aide d'un agitateur mécanique pendant quatre heures (4H) sous une vitesse d'agitation égale à 250 tr/mn à une température ambiante. Après décantation de la suspension, la partie limpide du contenu du b cher est siphonn e.

La suspension est compl t e à un litre avec l'eau distillée est agit e pendant deux (02H) heures. Cette opération est r p t e jusqu'à élimination des chlorures par le contrôle avec le test au nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ). Les chlorures éliminés, la suspension obtenue après la décantation est centrifug e à (2500-300) tr/min pendant 20 min.

Le produit obtenu est ensuite séché à l'étuve à 105 C pendant deux (02H) heures et est broyé. L'argile  chang e au sodium ainsi obtenue est conserv e dans un pilulier bien fermé.

Le protocole ainsi décrit et représenté par la figure : 11

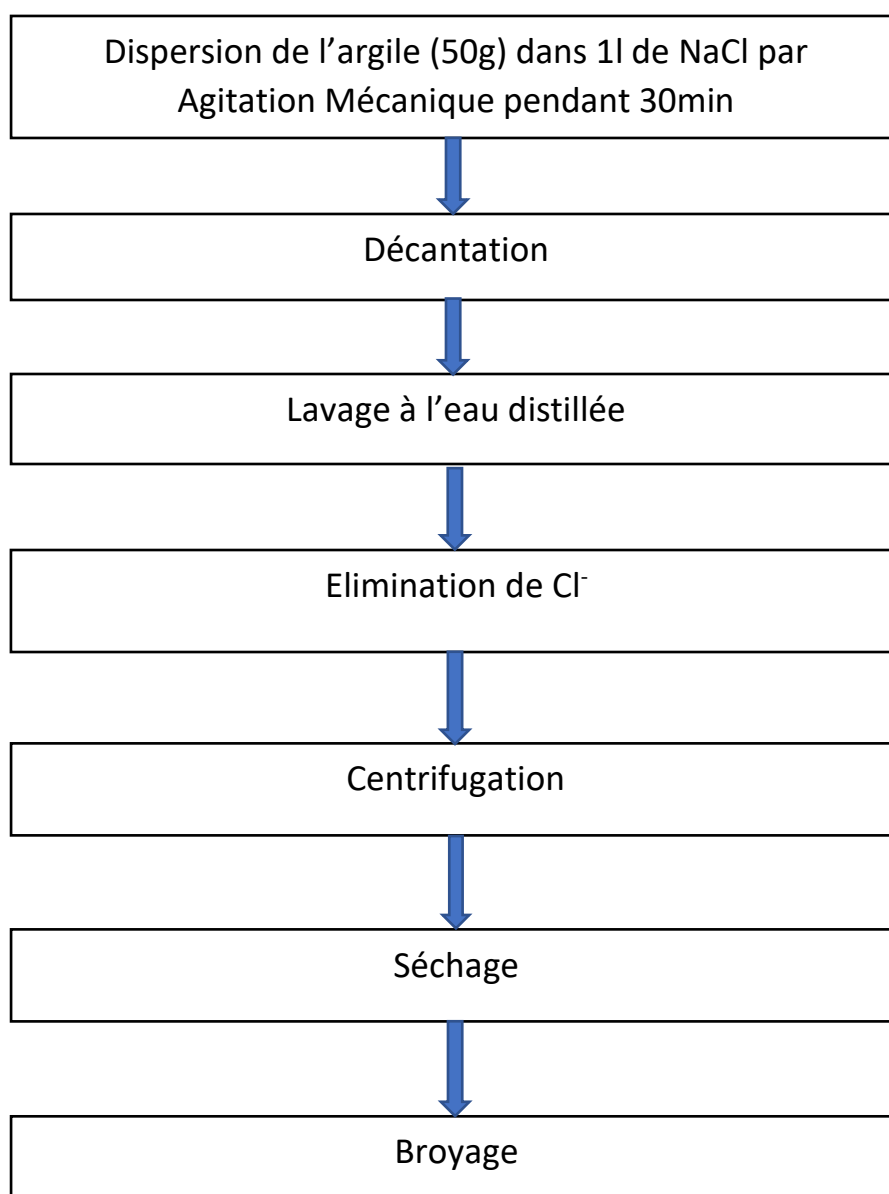


Figure IV 1:Schéma du procédé de préparation de l'argile sodique

### IV.1.1.3 Pontage de la bentonite avec Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (C<sub>19</sub>H<sub>42</sub>NBr) :

Cette opération est basée sur le protocole opératoire suivant :

10g d'argile sodifiée sont introduits dans un bêcher contenant 250ml de **Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (C<sub>19</sub>H<sub>42</sub>NBr)** à une concentration égale 10<sup>-2</sup> M.

Le mélange est agité à l'aide d'un agitateur à hélice pendant six heures avec une vitesse d'agitation égale à 770 tr/min et une température ambiante.

Après la décantation, et la centrifugation de la suspension. Le produit obtenu est séché à 60°C pendant vingt-quatre heures (24 H) et est broyé.

## IV.2 Préparation d'une boue de forage à émulsion inverse par argile organophile :

Pour la préparation de notre boue de forage on' y suivit le protocole opératoire suivant :

On' y préparé le système conventionnel suivant 80/20 qu'il se représente dans le tableau :

Parameters	Composition
Emul 1	4.59 ml
Emul 2	14.58 ml
R.F	15 g
Chaux	30 g
Saumure	190 ml
Gasoil	760 ml

*Tableau 1*

# **Chapitre V :**

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

**Introduction**

Notre étude expérimentale a porté sur :

Méthodes de caractérisations et matériels utilisés :

V. 1. La diffraction des rayons x (DRX).

V. 2. La spectroscopie Infra Rouge par transformer de Fourier (IRTF).

V. 3. Etude de performance de système conventionnel ou bien notre boue de forage.

**V.1 Les différents résultats obtenus seront interprétés et discuté :**

**V.1.1 Résultats De L'Analyse Minéralogique Et Distances Réticulaires Des Bentonites : Brute Et Sodique (Mont-B ; Mont-Na) :**

**V.1.1.1 Résultats De L'Analyse Minéralogique Et Distances Réticulaires De La Bentonite Brute.**

Le diffractogramme (spectre) des rayons X de la bentonite brute est donnée par la (figure V1)

Il montre que celle-ci est un mélange de montmorillonite et des impuretés en particulier : Illite ; quartz ; orthoaxes et les calcites, ces résultats sont en accord avec ceux de Onal et al, et Bouras et al (2003) qui trouvent que le composé principal de la bentonite est la montmorillonite. [22.99].

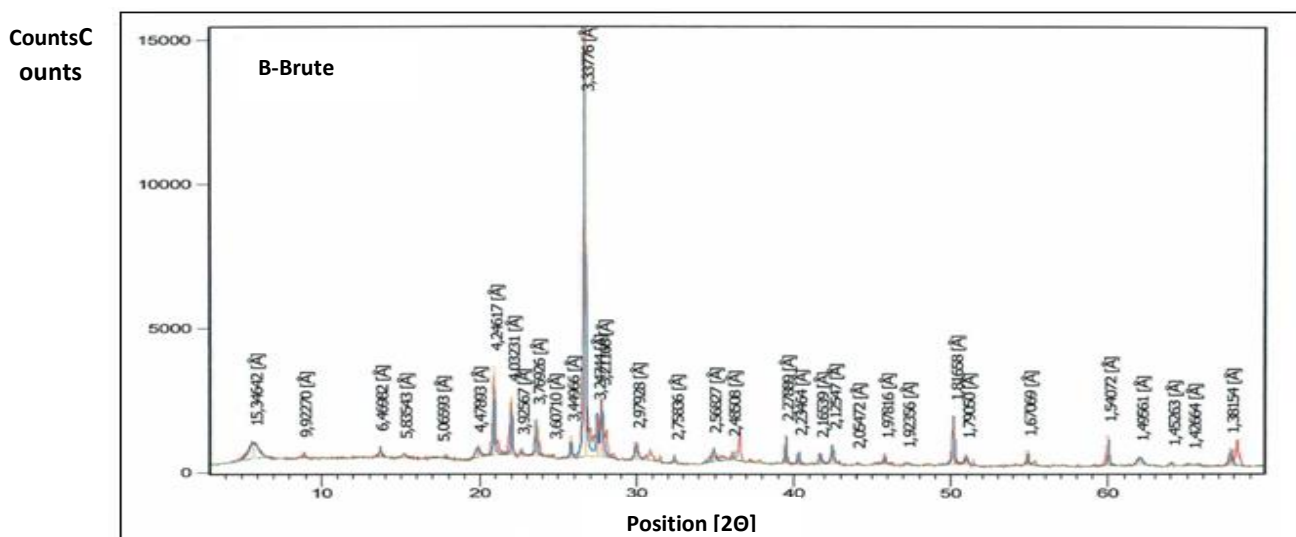


Figure V 1: Diffractogramme de la Bentonite brute.

**V.1.1.2 Résultats d'analyse minéralogique et distances réticulaires de la Bentonite purifié et sodique :**

L'examen du diffractogramme de la Bentonite purifié et sodique est représenté dans la (figure V2) confirme la disparition des raies suivants (les impuretés) : Illite à  $2\Theta = 9^\circ$  ; orthodase à  $2\Theta = 14^\circ$  ; Quartz à  $2\Theta = 21^\circ$  ; les calcites à  $2\Theta = 28.8^\circ$  et  $2\Theta = 39.6^\circ$ .

Appariation des nouvelles raies plus intenses caractérisant la montmorillonite dans les intervalles de degré diffraction [ $2\Theta = (21^\circ ; 35^\circ$  et  $38^\circ)$ ].

Appariation d'un nouveau pic (raie) à  $2\Theta = 6.32^\circ$  caractérisant l'Albite.

Abaissement de la distance réticulaire de la bentonite brute après leur purification et sodification elle passe de  $15.56\text{Å}$  à  $12.71\text{Å}$  ; cette baisse est due au départ des actions échangeables ( $\text{Ca}^{+2}$  ;  $\text{Mg}^{+2}$  ;  $\text{K}^+$ ...) ; remplacés par des cations homoionique de sodium  $\text{Na}^+$  et une couche d'eau [23.100].

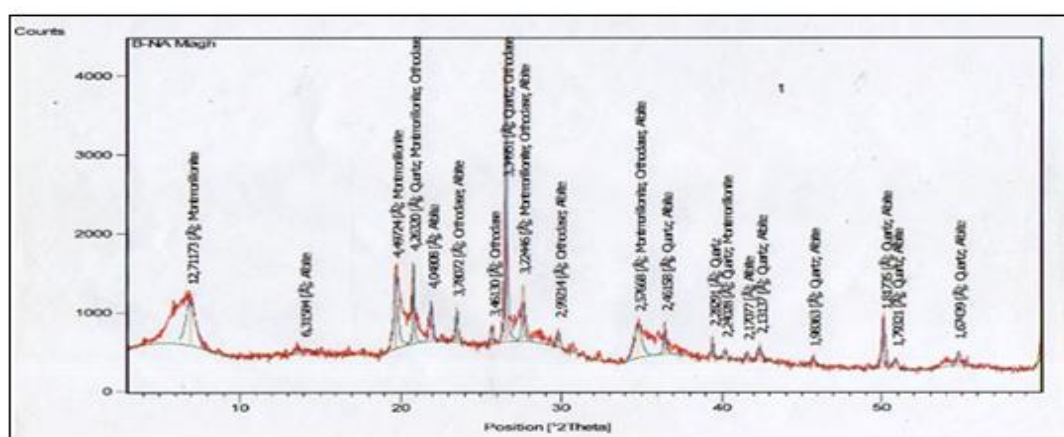


Figure V 2:Diffractogramme De La Bentonite Purifié et Sodique.

### V.1.1.3 Analyse Diffractométrique (DRX) de la bentonite ponté (organophile) Mon-Na-C<sub>19</sub> :

L'analyse de diffractogramme de la bentonite sodique (Mont-Na) greffée par le tensioactif (HDCTMABr) est représenté dans la figure V.1. C et montre :

Le diffractogramme montre que laMnt-Naaprès sonintercalation par Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (C<sub>19</sub>H<sub>42</sub>NBr) respectivement, a également subit des transformations dans sa structure. Il montre une disparition des pic principaux d001 de tous les échantillons étudiés suivit par l'augmentation de la distance réticulaire dans la matrice argileuse ponté ou bien organophile elle passe de  $12.85\text{Å}$  dans le cas de la bentonite sodique à  $18.48\text{Å}$  dans la montmorillonite sodique greffée par HCTABr respectivement, ceci illustre que le tensioactif utilisé est inséré dans l'espace interfoliaire de la bentonite sodique par échange cationique.

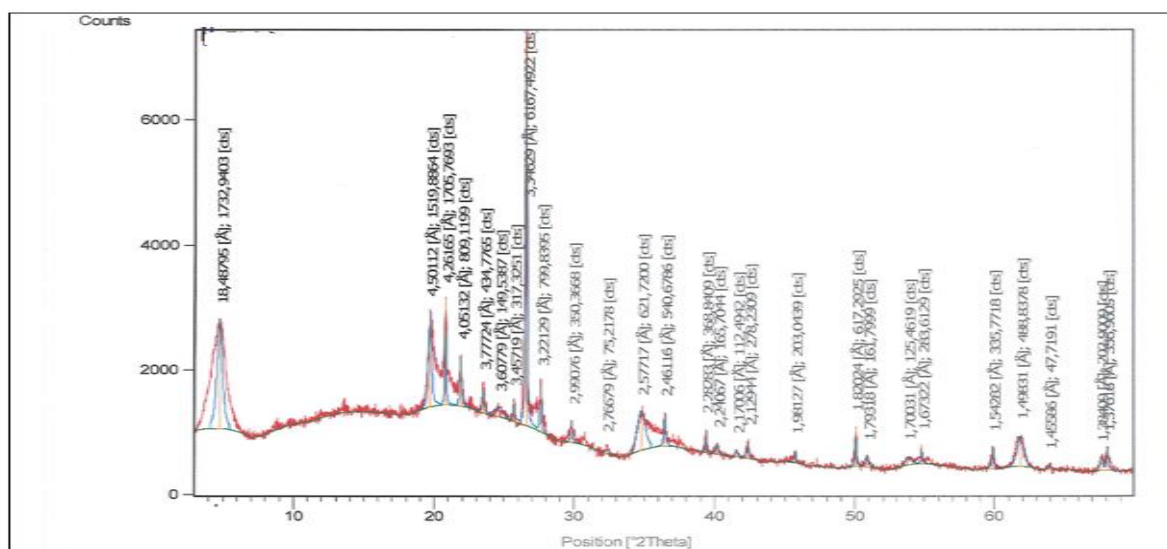


Figure V 3:Diffractogramme De La Bentonite organophile (Ponté).

## V.2 Résultats Des Analyses des Bentonites Brute, Sodique,Sodiques Greffées par (HDCTMABr) par la Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF) :

### V.2.1 Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF) des Bentonites Brute, Sodiques, et Sodique Greffés par (HCTMABr) :

L'analyse spectroscopique IR a été effectuée sur l'ensemble des échantillons :

Les Bentonites : Bentonite, Sodiques, Sodiques Greffées par (HCTMABr) sont représentées dans la figure V.4.

La figure V.4 (a), représente l'analyse spectroscopique IR de la montmorillonite purifiée et sodique qui permet l'identification des groupements fonctionnels suivants :

- ✓ Comme dans le spectre de la bentonite, il ya deux bandes caractéristiques aux vibrations de valence des groupements OH de la couche octaédrique (3626 cm<sup>-1</sup>) et aux vibrations de valence OH-Fe<sup>+3</sup> (3445 cm<sup>-1</sup>).
- ✓ La bande caractéristique aux vibrations de déformation H-O-H des molécules d'eaux (1637cm<sup>-1</sup>).
- ✓ La bande correspondant aux vibrations de valence de la liaison Si-O (située entre 1000-500 cm<sup>-1</sup> et centrée vers 1034 cm<sup>-1</sup>).
- ✓ Le spectre de la montmorillonite sodique illustre aussi des bandes caractéristiques aux vibrations de déformation liées aux substitutions dans la couche octaédrique (entre 920 et 525 cm<sup>-1</sup>). Les autres bandes d'absorption sont représentées dans le tableau V1.

- Les spectres IR des deux montmorillonites sodiques traitées respectivement par les deux tensioactifs sont représentés dans la figure V4 (.a.b.c), l'examen de ces spectres montre :
- Intercalation de tensioactif respectivement dans l'argile sodique avec l'apparition de nouvelles bandes d'absorption de vibration de valence symétrique (allant de 2852 à 2850 $\text{cm}^{-1}$ ) et antisymétrique (allant de 2925  $\text{cm}^{-1}$  à 2923  $\text{cm}^{-1}$ ) de  $\text{CH}_2$ , ce qui indique la formation des argiles organophiles (Mnt-Na-C19)

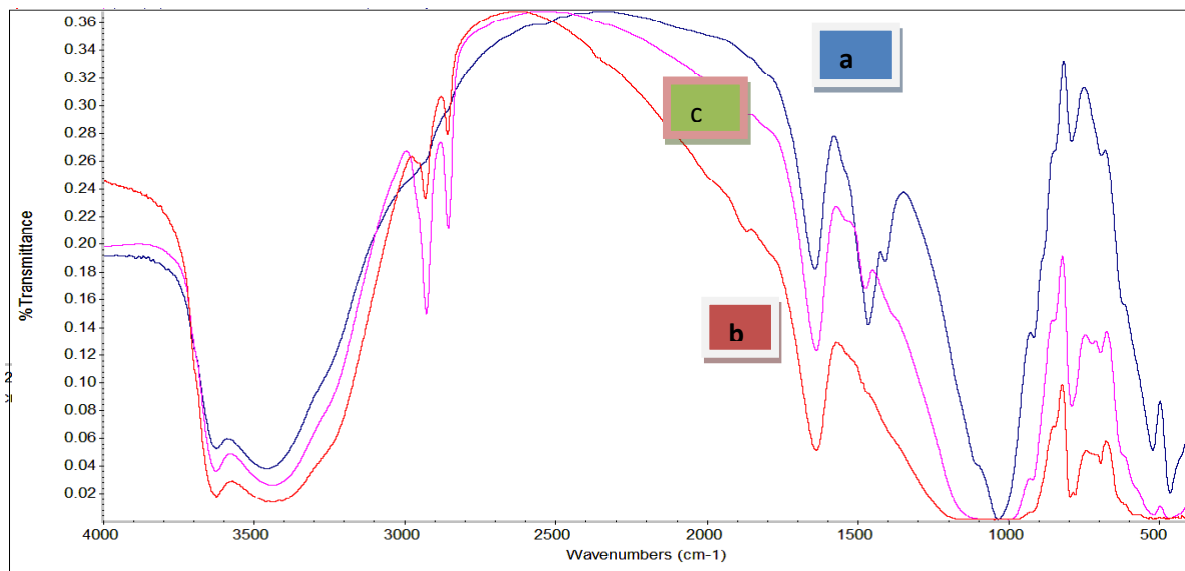


Figure V 4: Spectre Infra Rouge des Bentonites Brute (a), Sodique (b), Organophile(c).

### V.3 L'analyse Chimique élémentaire par la fluorescence X de boue de forage :

Les résultats d'analyse chimique élémentaire de notre système conventionnel sont montrés dans le tableau suivant :

Echant.	C	H	N	S
Argile sodique	0.160	1.076	1.244	0.050
Argile organophile avec TA CAT (C <sub>19</sub> H <sub>44</sub> NBr)	13.49	2.87	2.32	0.297
Argile organophile du commerce	25.640	3.597	2.948	0.147

Tableau V1

L'analyse des résultats obtenus montre les fortes valeurs dans le pourcentage de carbone et d'azote et d'hydrogène ce qui confirme la validité et la possibilité d'obtention d'une boue de forage à émulsion inverse utilisée comme viscosifiant et adjuvant essentiel dans l'opération de forage .



## ***Conclusions générales :***

*Les résultats des analyses :*

*Chimiques ;*

*Diffractionnètrique;*

*Et l'analyse spectrale par la spèctroscopie infra rouge et transformè de fourier,*

*Aussi la réaction de pontage ,montrent la possibilité d'obtention d'une boue de forage algèrienne et local utilisè comme fluide de forage dans le forage pétrolier.*

## *Références :*

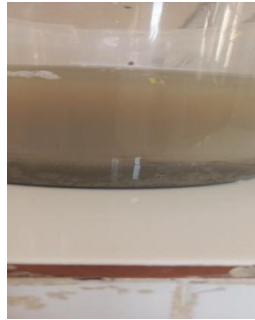
- [1] S. CAILLÈRE, S. HENIN. Minéralogie des argiles, Masson et Cie 1963.
- [2] G. MILLOT. Géologie des argiles, Tome 1, Masson 1954.
- [3] CHOUAOUA M, et IDAMI Ch. (18/07/2019) Traitement des fluides de forage par la méthode stabilisation/solidification au niveau du champ de Hassi Messaoud (mémoire de master) Université des Frères Mentouri Constantine 1
- [4] KHODJA M. (15 Février 2008) LES FLUIDES DE FORAGE : ETUDE DES PERFORMANCES ET CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES (thèse de doctorat). Ingénieur en Génie des procédés chimiques à l'Université des sciences et de Technologie Houari Boumediène d'Alger – Algérie Master Géosciences Environnement et Risque, Université Louis Pasteur Strasbourg - France
- [5] Braik A. et Saidi A. (2016/2017) Les boues de forage à base d'huile, l'impact sur la santé et sur l'environnement et technique de traitement (mémoire de licence) Université Kasdi Merbah Ouargla
- [6] AMRAOUI A. (27 September 2012) Etude de l'adsorption du lixiviat de Bourbier pétrolier et du naphthalène par des composites à base de charbon actif et de montmorillonite 'MACC' (mémoire de master) UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA.
- [7] DADA M. (2010/2011) Optimisation d'un procédé de traitement des boues de forage (mémoire de magister) Université M'hamed BOUGARA, Boumerdes Faculté des Sciences de l'Ingénieur
- [8]: S. EL GUENDI, J. LEBEK et W. WARDYSLAW (1996), Y. S. CHOI et J. CHO (1996), Color removal dyes from waste water using vermiculite, Environ. Technol. 17, 1169-1180.
- [9] Lee et al (2001), an investigation of the adsorption of organic dyes onto organo-montmorillonite, Environ. Technol, 22, 247-254.
- [10] L. J. MICHÓ. BARRESO. L. HEGGE et J. J. PINNAVIA MONTAGES. R. C. ZIELKE. J. PINNAVAIA et al (1998). Co-Intercalation of Al<sub>13</sub> Polycations and nonionic surfactants in montmorillonite clay, Langmuir, 9, 1794-1800.
- [11] SHU et al, (1997), Adsorption of small organic pollutants from aqueous streams by aluminosilicate – based microporous materials, Separ. Purify. Technol., 11, 27-36.
- [12] JIANG et al (2002). Comparison of modified montmorillonite adsorbents, part I: preparation, characterization and phenol adsorption, Chemosphere, 47, 711-716.
- [13] J. JEFFREY. STEVENS, J. SHARON, J. ANDERSON And A. BOYD, FTIR Study of competitive Water – Arene sorption, effect of water on adsorption efficiency, clays and clay minerals, Vol. 43. N°3, 318-323, 1995.
- [14] JIANG et al (2002). Comparison of modified montmorillonite adsorbents,
- [15] M. A. EL DIB et al (1978). Removal of soluble aromatic hydrocarbons from drinking waters, Water Res, 12, 1131-1137.

- [16] O. BOURAS. Thèse doctorat, propriétés adsorbante d'argiles pontées organophile : synthèse et caractérisation.
- [17] S. A. BOYD, S. SHAOBAI, J. FLEE, M. MAX MORTLAN et al (2001), In situ clay modification for environmental remediation, Book of Abstracts, 211Th Acs natural meeting, New Orleans, March 24-28.
- [8] G. M. HERNANDEZ, Thèse de doctorat : Etude Expérimentale de la sorption d'eau et du gonflement des argiles par Microscopie à Balayage Environnementale (ESEM) Et l'analyse digitale d'images. p17(2002).
- [19] EL GUENDI, J. LEBEK et W. WARDYSLAW (1996), Y. S. CHOI et J. CHO (1996), Color removal dyes from waste water using vermiculite, Environ.Technol.17,1169-1180
- [20] Lee et al (2001), an investigation of the adsorption of organic dyes onto organo-montmorillonite, Environ. Technol,22,247-254.
- [21] Z. BOUBREKA., S. KACHA., M. KAMECHE., S. ELMALEH., Z. DERRICHE., (2005), Sorption study of acide dye from an aqueous solution using modified clays, Journal of Hazardous Materials B<sub>119</sub>(2005), pp117-124.
- [21] Z. BOUBREKA., S. KACHA., M. KAMECHE., S. ELMALEH., Z. DERRICHE., (2005), Sorption study of acide dye from an aqueous solution using modified clays, Journal of Hazardous Materials B<sub>119</sub>(2005), pp117-124.
- [22] G. MILLOT. Géologie des argiles, Tome1, Masson1954.
- [23] G. M. HERNANDEZ, Thèse de doctorat : Etude Expérimentale de la sorption d'eau et du gonflement des argiles par Microscopie à Balayage Environnementale (ESEM) Et l'analyse digitale d'images. P17(2002).
- [24] O. BOURAS. Thèse doctorat, propriétés adsorbante d'argiles pontées organophile : synthèse et caractérisation.
- [25] Z. BOUBREKA., S. KACHA., M. KAMECHE., S. ELMALEH., Z. DERRICHE., (2005), Sorption study of acide dye from an aqueous solution using modified clays, Journal of Hazardous Materials B<sub>119</sub>(2005), pp117-124.
- [25] MULHERJEE et COLL. 1948. MEHRA et JACKSON., 1960. ROTH et COLL.,1969. Préparation de La Montmorillonite. Applied Clay Science.

# *Les Annexes*



**120g d'argile.**



**Décantation**



**Solution tampon**



**Chauffé sous agitation mécanique**



**3.5g de thiosulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ .**



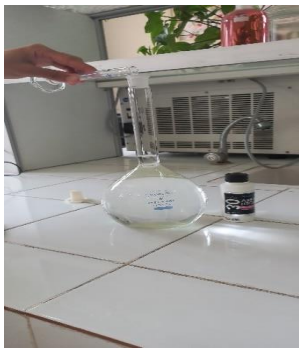
**Acide chlorhydrique à 0.1M**



Décantation



centrifugation



Solution  $H_2O_2$  (5ml de  $H_2O_2$  dans 1000ml d'eau distillée).

Décantation



Chauffé sous agitation mécanique



centrifugation



Test  $AgNO_3$  (lavage).



**Séchage**



**Solution de tensioactif**



**agitation mécanique**



**Agitation mécanique**



**Décantation**



**filtration**



**Séchage**