



UNIVERSITE  
Abdelhamid Ibn Badis  
MOSTAGANEM

**UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM**  
**FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DE L'INFORMATIQUE**  
**DEPARTEMENT DE CHIMIE**

# **MEMOIRE**

Présenté pour obtenir le diplôme de

**MASTER II EN CHIMIE**

Option: **ANALYSE SPECTRALE EN CHIMIE**

Par

**M<sup>elle</sup> : Messaoud Hasnia**

**Effet de la température sur la qualité de la bentonite et caractérisation physico-chimique par FTIR au niveau de la société BENTAL - unité de Mostaganem.**

Soutenu le 23 / 06/ 2014 devant la commission d'examen :

Président :	M <sup>elle</sup> Belayachi . H	MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	M <sup>er</sup> KADI . A	MAB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M <sup>er</sup> .Belhakem . A	MCA	Université de Mostaganem
Co-rapporteur :	M <sup>er</sup> sekmeche . M	Master GC (DOCTORANT)	Université de Mostaganem

# REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont d'abord à Dieu tout puissant de m'avoir donné la force la Patience de réaliser ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadreur monsieur Belhakem A, pour sa direction, Il s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Je remercie Co-encadreur monsieur Sakmeche M, pour l'aide qu'il m'a apporté en ce qui concerne le suivi. Ainsi que pour son précieux soutien.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance au Professeur M. BELHAKEM pour nous avoir accueillies au sein de son laboratoire Structure Élaboration et Application des Matériaux Moléculaires (SEA2M).

Mes sincères remerciements vont à M<sup>elle</sup> Belayachi H qui m'a fait l'honneur de présider le jury et le juger mon travail.

Mes sincères remerciements vont à M<sup>er</sup> A.KADI d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

A, tous mes amis(e)s pour leur aide qu'ils m'ont apporté durant la période de travail Saliha, Rima.

Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste mémoire, M<sup>me</sup> Boulahla .S, M<sup>me</sup> Fatiha, M<sup>er</sup> Manad M<sup>er</sup> Yacine, M<sup>er</sup> Abde kadar, M<sup>er</sup> Amine, M<sup>er</sup> Mahfoud.

Enfin, je voudrais remercier mes parents, par qui tout a commencé et qui malgré la distance ont toujours été prêts à m'aider et à me soutenir surtout pendant les moments les plus difficiles.

# Dédicace

*Avent tout, je dois rendre grâce a dieu de m'avoir donné le*

*Courage de terminer ce travail.*

*Je dédie ce travail à ma famille*

*Tout d'abord à mon cher père, A ma chère mère, aux prés de  
Qui Je trouve le réconfort et le repos, j'espère être à la hauteur de  
ses Espérances et ne jamais la décevoir.*

*A mes frères Mokhtar, Elaid, Boumadiane , Mohamed ,Younace  
Et mes sœurs Rabia, Karima*

*A toute la famille Messaoud*

*Et toutes mes chères amies Saliha, Rima, Hakima*

*A toute la promotion de chimie 2013-2014.*

**HASNIA**

# Liste des tableaux

<b>Tableau N°01</b> : Capacités installées par étape .....	9
<b>Tableau N° 02</b> : Pourcentage moyen en éléments présents dans l'argile.....	15
<b>Tableau N° 03</b> : Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite (ENOF, 1997).....	22
<b>Tableau N° 0 4</b> : Caractéristiques minéralogiques de la bentonite (ENOF, 1997).....	22
<b>Tableau N°05</b> : des analyses rhéologiques.....	31
<b>Tableau N°06</b> : résultats des analyses rhéologiques de la 1 <sup>ère</sup> semaine.....	42
<b>Tableau N°07</b> : résultats des analyses rhéologiques du 2 <sup>ème</sup> semaine.....	43
<b>Tableau N°08</b> : résultats des analyses rhéologique de la 3 <sup>ème</sup> semaine.....	44
<b>Tableau N°09</b> : résultats des analyses rhéologiques de la 4 <sup>ème</sup> semaine.....	45
<b>Tableau N°10</b> : résultats de la viscosité des échantillons pour chaque semaine .....	46
<b>Tableau N°11</b> : résultats de la filtration des échantillons pour chaque semaine.....	47
<b>Tableau N°12</b> : Diminution de la viscosité en fonction température.....	48
<b>Tableau N°13</b> : Bandes caractérisation de la bentonite de Mostaganem.....	50

# Liste des figures

<b>Figure N° 01</b> : Vue générale de l'Algérie du Nord.....	6
<b>Figure N° 02</b> : Situation du gisement par rapport à l'unité de Mostaganem.....	6
<b>Figure N° 03</b> : Vue générale du Gisement de M'Zila Mostaganem.....	7
<b>Figure N° 04</b> : Unité Bental – Mostaganem.....	7
<b>Figure N° 05</b> : process de traitement de la bentonite (flow sheet).....	9
<b>Figure N° 06</b> : Chargement de la trémie d'alimentation par engin multifonction.....	11
<b>Figure N° 07</b> : Concasseur.....	11
<b>Figure N° 08</b> : four.....	12
<b>Figure N° 09</b> : Broyeur PM8.....	13
<b>Figure N° 10</b> : Ensachage en sacs ou en Big Bags.....	13
<b>Figure N° 11</b> : Structure de la montmorillonite.....	19
<b>Figure N° 12</b> : Domaines industriels d'utilisation des bentonites.....	25
<b>Figure N° 13</b> : Appareil de viscosimètre.....	26
<b>Figure N° 14</b> : Appareil de filtre presse.....	27
<b>Figure N° 15</b> : Appareil de l'infrarouge.....	28
<b>Figure N° 16</b> : Mécanismes de gonflement.....	29
<b>Figure N° 17</b> : Appareil de ph mètre.....	30
<b>Figure N° 18</b> : Protocol de préparation de produit fini.....	33
<b>Figure N° 19</b> : méthode d'analyse de la viscosité .....	35
<b>Figure N° 20</b> : méthode d'analyse du volume de filtrat.....	36
<b>Figure N° 21</b> : méthode d'analyse l'indice de gonflement.....	37
<b>Figure N° 22</b> : méthode d'analyse l'humidité.....	38
<b>Figure N° 23</b> : méthode d'analyse l'humidité des réactifs.....	39
<b>Figure N° 24</b> : méthode d'analyse de Ph.....	39

<b>Figure N°25</b> : méthode d'analyse de l'infrarouge .....	40
<b>Figure N°26</b> : diminution de la viscosité des échantillons en fonction du temps de séchages. .....	46
<b>Figure N° 27</b> : représentation de la viscosité des échantillons pour chaque semaine.....	47
<b>Figure N° 28</b> : Diminution de la viscosité en fonction de volume filtrat.....	47
<b>Figure N°29</b> : représentation de volume filtrat des échantillons par semaine.....	48
<b>Figure N° 30</b> : les spectres infrarouges de bentonite de Mostaganem.....	48
<b>Figure N°31</b> : les spectres infrarouges de bentonite de Mostaganem .....	50

**Ha** : hectare.

**T** : tonne.

**H** : heure.

**MPa**: Mili pascalle.

**V. FIL** : volume de filtrat.

**Cp** : Centi poise.

**Mesh** : est une convention American de mesure de maille « mesh » anglais d'un tamis.

Mesure en  $\mu\text{m}$  = 15000 /mesure de mesh.

**IG** : indice de gonflement.

**L600** : Lecture de la viscosité à 600 rpm (rotation par minute).

**L300** : Lecture de la viscosité à 300 rpm (rotation par minute).

**API** : American Petroleum Institute.

**T.V** : Tout venant.

**P.F** : Produit fini.

**FB1** : bentonite de forage hydraulique.

**FB2** : bentonite de forage pétrolier.

**TABLE DES MATIERES**  
**PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations et Terminologie	
Introduction .....	1
<b>CHAPITRE I : Présentation de l'unité BENTAL .....</b>	<b>3</b>
1- Introduction .....	3
2- Informations générales sur le gisement .....	3
3- Informations sur l'usine.....	3
4- Organisation du travail .....	5
4-1 - La carrière .....	5
4-2 Usine .....	5
5- Moyens de protection et de surveillance .....	5
6- Traitement .....	8
6-1 Présentation générale .....	8
6-2 Flow sheet.....	8
6-3 Fonctionnement .....	9
6-4 Capacités installées par étape .....	9
6-5 Les principales contraintes et difficultés.....	10
7- Stade alimentation & activation .....	11
7-1 Concassage .....	11
7-2 Séchage .....	12
7-3 Broyage .....	12
7-4 Ensachage .....	13
8- Procède de traitement .....	14
<b>CHAPITRE II: généralité sur la bentonite.....</b>	<b>15</b>
I -Les argiles .....	15

I-1 Familles des argiles .....	15
I-1-1 La kaolinite (1/1, d=7A°) .....	16
I-1-2 Les montmorillonites (1/1, d=10A°).....	16
I-2-3 les illites (2/1, d=10A°).....	16
I-2-4 les argiles fibreuses.....	17
I-3 Les propriétés physico-chimiques des argiles .....	17
I-3-1 Les roches argileuses ont les propriétés physiques suivantes.....	17
I-4 Domaine d'utilisation .....	17
II- La bentonite .....	17
II-1 Origine de la bentonite.....	18
II-2 Structure de la bentonite.....	19
II-3 Types de bentonites.....	19
II-3-1 Bentonites naturelles.....	20
II-3-2 Bentonites activées.....	20
II-4 Fonctions de bentonite .....	20
II-5 Avantage de bentonite.....	21
II-6- Propriétés de la bentonite.....	21
II-6-1 l'hydratation interne ou gonflement.....	21
II-6-2 Cations échangeables et adsorption.....	21
II-7 Caractéristiques de la bentonite brute.....	22
II-8 La bentonite et ses utilisations.....	22
II-9 Les principales utilisations de la bentonite.....	24
II-9-1 Fabrication de moules de fonderie.....	24
II-9-2 Bouletage du minerai de fer.....	24
II-9-3 Boues de forage .....	24
II-9-4 Génie civil .....	24
II-9-5 Terres décolorantes.....	24
II-10 Autres utilisations.....	24
<b>Chapitre III : les méthodes d'analyses.....</b>	<b>26</b>

1-American Petroleum Institute (API).....	26
2- Définition de la viscosité.....	26
3- Filtrat.....	26
4- Infrarouge à transformée de Fourier (FITR).....	27
4-2 Appareillage.....	27
4-1 Principe.....	28
5- Mécanismes de gonflement.....	28
6- Gonflement au sens physico-chimique.....	28
7- Le pH.....	29
8- L'humidité.....	29
<b>Chapitre IV : effet de la température sur la bentonite de Mostaganem...31</b>	
<b>Partie expérimental.....</b>	<b>31</b>
1- Matériels utilisés.....	31
2- Produits utilisés.....	31
3-Préparation de produit fini.....	31
4- Mesure viscosité.....	34
5- Perte au filtrat.....	35
6-Mesure de l'indice de gonflement.....	36
7-Mesure de l'humidité.....	37
8-Calculer l'Humidité.....	38
9- Réception des produits Contrôle au carbonate de sodium et magnésium.....	38
9-1 Mesure de l'humidité.....	38
9-2 Mesure du pH.....	39
10- Spectrophotomètre IR à transformée de Fourier (FTIR ou IRTF).....	39
10-1 Matériel utilisé.....	40
10-2 Produit utilisé.....	40
10-3 Mode opératoire.....	40
11-Résultat et discussions.....	42
12- Mesure le pH.....	46

13- Mesure l 'humidité.....	46
14- Diminution de la viscosité des échantillons en fonction du temps de séchages.....	46
15- Représentation de la viscosité des échantillons pour chaque semaine.....	47
16- Augmentation de la viscosité des échantillons en fonction du volume de filtrat...	47
17- Représentation de la filtration des échantillons pour chaque semaine.....	48
18- Discussion.....	49
19- Les spectres infrarouges de bentonite de Mostaganem.....	50
20 -Interprétation du graphe.....	51
21-Conclusion.....	52
22-Références bibliographiques.	
23-Annexes.	

# **Introduction Générale**

## **Introduction :**

Les minéraux argileux comprennent tous les phyllosilicates ainsi que des espèces d'une structure assez semblable aux phyllosilicates mais de caractéristiques physico-chimiques différentes. Le terme argile désigne un mélange naturel de minéraux argileux avec d'autres minéraux non argileux (quartz, calcaire), les différents types des minéraux argileux résultent des différentes combinaisons des éléments structuraux (tétraèdre octaèdre), on distingue trois types : les kaolins, les micas et les montmorillonites on s'intéresse à cette dernière la montmorillonite car elle renferme la bentonite minéral de base  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 (\text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}, \text{Na}^{+2}, \text{K}^{+1}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , ils sont de structure fine et de haute plasticité.

Les matériaux argileux présentent un intérêt certain dans différents domaines industriels. L'argile étudiée provient de l'unité de Mostaganem qui est formée de deux sites distincts : une usine de traitement située en zone urbaine, à l'intérieur du port, et un gisement d'argiles bentonitiques brutes portant le nom de M'zila distant d'environ 40 Km de cette dernière situé au Nord –Est de Mostaganem.

La libération des produits finis de l'unité BENTAL se fait par le service de laboratoire qui oriente les différents produits selon un plan de contrôle de qualité (voir annexe 01).

L'unité BENTAL a reçu plusieurs réclamations des clients qui obligent le service laboratoire de refaire les analyses rhéologiques pour comparer leurs paramètres rhéologiques avec le certificat de qualité selon les normes API.

Ainsi notre travail consiste à étudier l'influence de la température et le temps de séchage sur la qualité et les propriétés physico-chimiques de la bentonite de Mostaganem.

Le travail consiste en un traitement conventionnel des bentonites à l'état brut. Sur chaque échantillon on a prélevé 50g de tout venant à laquelle on ajoute 4 g de  $\text{Na}_2\text{CaCO}_3$  et 1 g de  $\text{MgO}$ , à ce mélange on a ajouté 15 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  pour déterminer l'humidité. Après avoir mélangé on est passé à l'étape de boudinage et le taux d'humidité a été déterminé à une température de 110°C. Différentes

caractéristiques, viscosité, filtrat, indice de gonflement, humidité et pH pour les réactifs, ont été déterminées en fonction de temps chauffage. L'étude par spectroscopie infra rouge a montré l'influence de ce type d'absorption sur la structure et la texture des bentonites.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre fournit un aperçu général sur L'unité BENTAL de Mostaganem, Le deuxième chapitre présente une généralité la bentonite, le troisième chapitre présente les méthodes d'analyses, le quatrième chapitre comporte l'étude de l'effet de la température sur la bentonite de Mostaganem et les résultats.

## **1-Introduction :**

L'unité de Mostaganem est formée de 02 sites distincts, avec une usine de traitement située en zone urbaine, à l'intérieur du port, et un gisement d'argiles bentonitiques brutes (portant le nom de M'zila) distant d'environ 40 Km de cette dernière situé au Nord –Est de Mostaganem à environ 10 Km à l'est du chemin goudronné reliant la commune de Sour à la Daïra de sidi Ali à l'est du village Achasta Amour, il y a à peu près 10 Km de piste pour atteindre les chantiers en exploitation.

L'infrastructure routière actuelle s'avère adéquate pour la plupart des travaux et les besoins éventuels, seulement les pistes qui mènent aux chantiers en exploitation deviennent impraticables pendant la période des intempéries. La carrière de M'ZILA peut être atteinte par véhicule motorisé.

## **2- Informations générales sur le gisement :**

Autorisation d'exploitation N° 246 de l'O6 JUIN 2004.

Superficie du périmètre minier : 369 Ha.

### ***Localisation :***

Lieu dit : M'zila

Commune de : Sidi Ali

Daïra de : Sidi Ali

Wilaya de : Mostaganem

## **3- Informations sur l'usine :**

***Date d'entrée en production :*** 1947 Ex SECA – ALGERIE.

***Date de création de l'ENOF :*** 16 Juillet 1983.

***Raison sociale :*** Société des bentonites d'Algérie.

***Activité :*** Développement, production et commercialisation de la bentonite.

**Statut juridique :** Société par actions.

**Tutelle :** Ministère de l'énergie et des mines.

**Siège social :** 31 Rue Mohamed Hattab – Belfort – ALGER.

**Adresse de l'unité :** Terre plein du port – Mostaganem.

**Superficie :** 6200m<sup>2</sup> environ (terrain Propriété de l'entreprise portuaire de Mostaganem).

**Patrimoine immobiliers :** 01 atelier de maintenance et 01 magasin pour les approvisionnements (tous deux à l'extérieur du port).

**Produit :** 4 types de bentonite

- ✓ bentonite de forage pétrolier (boue viscosifiante des trous de forage).
- ✓ bentonite de forage hydraulique (boue viscosifiante des trous de forage).
- ✓ bentonite de fonderie.
- ✓ bentonite de charge industrielle pour diverses industries.
- ✓ bentonite pour alimentation de bétail.

**Capacité de production :** 14000T à 17000T vu la vétusté des équipements.

**Délimitation de l'unité :**

- ✓ Au Nord : la marine nationale.
- ✓ Au sud : Entreprise portuaire.
- ✓ A l'Est : Route nationale N° 11.
- ✓ A l'Ouest : Route du terre plein et la voie ferrée.

**Infrastructure du site :**

- ✓ 02 aires de stockage du tout venant (argile).
- ✓ 01 unité de transformation (usine).
- ✓ 02 aires de stockage et gerbage du produit fini.
- ✓ 01 bloc administratif.
- ✓ 01 atelier de maintenance.
- ✓ 01 Laboratoire.

**Nombre total de travailleurs :** 110 Agents, répartir-en :

- ✓ cadre 24.
- ✓ Maitrise 29.
- ✓ exécution 57.

**Effectif par statut :** 88 Permanents et 22 Temporaires

**Effectif par activité :** Production 64, Administratifs 32, sécurité 14.

## 4- Organisation du travail :

### 4-1 - La carrière :

01 poste de travail de 08 à 16 h, durant les jours ouvrables, onze mois par an.

Le congé annuel est prévu pour le mois de décembre (la carrière devient impraticable et l'activité est réduite de plus de moitié).

Les travaux d'exploitation sont répartis sur quatre (04) chantiers sous la direction d'un chef de service exploitation secondé par un chef d'exploitation.

- ✓ Travaux de recherches pour l'exploitation.
- ✓ Travaux de découverte.
- ✓ Travaux d'extraction et mise en stock intermédiaire.
- ✓ Travaux de chargement et transport vers l'usine.
- ✓

### 4-2 Usine :

Travail en continu 3x 8h y compris les weekend et jours fériés, avec des vacations à 5h, 13h et 21h. .

## 5- Moyens de protection et de surveillance :

**Clôture** : construction en dur du bloc administratif et du mur extérieur de clôture longeant la RN N° 11, surélevé par du fil barbelé. Les autres parties sont composées d'hangars en structures métalliques avec une toiture en tôles ondulées.

**Surveillance** : Gardiens patrouilleurs de jour comme de nuit, et un système de télésurveillance avec 09 caméras réparties à travers l'unité.

**Moyens d'alarme** : Sirènes et téléphones reliés à la protection civile ainsi qu'un standard téléphonique.



Figure N° 01 : Vue générale de l'Algérie du Nord.



*Figure N° 02 : Situation du gisement par rapport à l'unité de Mostaganem.*



*Figure N° 03 : Vue générale du Gisement de M'Zila Mostaganem.*





*Figure N° 04: Unité Bental – Mostaganem.*

## **6- Traitement :**

### **6-1 Présentation générale :**

L'unité de Mostaganem se situe à l'intérieur du port. Conçue en 1947, elle est constituée de matériels et de technologie obsolète qui continue de fonctionner grâce à une maintenance active et coûteuse.

Cependant, il y a lieu de signaler que malgré cette obsolescence, l'unité continue de produire des bentonites de qualité acceptée par de différents utilisateurs dans leurs processus.

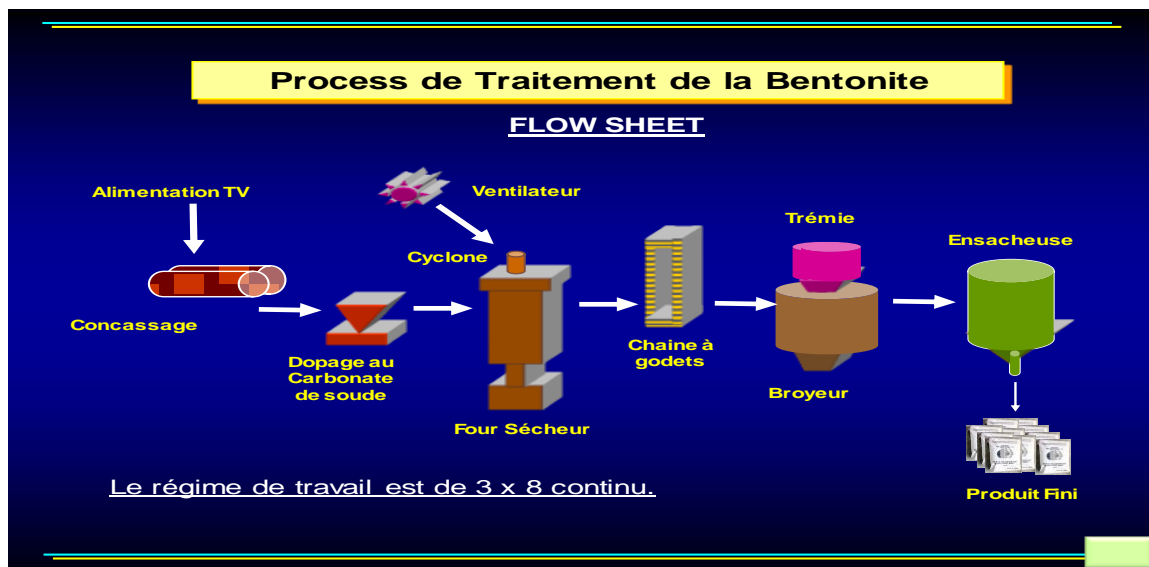
*Elle produit :* 4 types de bentonite

- ✓ bentonite de forage pétrolier.
- ✓ bentonite de forage hydraulique.
- ✓ bentonite de fonderie.
- ✓ bentonite de charge industrielle.

### **6-2 Flow sheet :**

Le traitement des bentonites est le suivant :

- ✓ Alimentation.
- ✓ Concassage.
- ✓ Une activation au carbonate de soude ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) et à la magnésie ( $\text{MgO}$ ).
- ✓ Séchage.
- ✓ Broyage et ensachage.



*Figure N° 05: process de traitement de la bentonite (flow sheet).*

### 6-3 Fonctionnement :

A l'heure actuelle, les installations, conditionnées par le broyeur à pendules, ne fonctionnent qu'à 75% seulement des capacités installées, avec un régime de travail en 3× 8.

### 6-4 Capacités installées par étape :

**Tableau N°01 : Capacités installées par étape.**

Equipement	Capacité théorique installée	Capacité d'utilisation actuelle
Installation d'alimentation	4 t/h	3 t/h
Concasseur	4 t/h	3 t/h
Four Sécheur	4 t/h	3 t/h
Broyeur à pendules	3,4 t/h	2,5 t/h
Ensacheuse	/	2.5 t/h

### 6-5 Les principales contraintes et difficultés :

Contenu de l'état vétuste des équipements, les interventions deviennent de plus en plus fréquentes. De plus, l'acquisition de pièces de rechange importantes et spécifiques prend de plus en plus de temps et revient plus chère.

La délocalisation est devenue impérative suite aux mises en demeure envoyées par la direction du port et les autorités de la wilaya.

Acquisition de filtres à manches pour contrer les rejets de poussières constatées dans les sorties des sècheurs ainsi qu'après le broyage est devenu impérative suite aux plaintes multiples des riverains.

Le schéma d'appareillages du procédé de traitement pour la bentonite de forage de l'unité de Mostaganem fait ressortir les étapes suivantes :

#### **6-5-1 Alimentation et mélange des adjuvants :**

La bentonite brute ramenée de la Carrière de M'zila est déversée en tas sur la rampe d'alimentation de l'usine. A l'aide d'un scraper (1) tiré par un treuil, la bentonite brute alimente un skip (2) dans lequel sont aussi ajoutés les adjuvants suivant le carbonate de sodium et la magnésie. Le dosage se faisait avant avec un doseur situé au-dessus de la chambre de réception du sécheur, mais le flux thermique entraînait des pertes quantitatives et qualitatives du carbonate de sodium.

Actuellement, le dosage se fait manuellement à l'aide de pelle dans le godet du skip par couches alternées : un tiers du godet du skip en tout venant, une couche d'adjuvants ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{MgO}$ ) bien étalée, un 2<sup>ème</sup> tiers de tout venant et une couche d'adjuvants, suivis d'un 3<sup>ème</sup> tiers de tout venant et d'une couche d'adjuvants.

#### **7- Stade alimentation & activation :**



*Figure N° 06 : Chargement de la trémie d'al*

*imentation par engin multifonction.*

#### **7-1 Concassage :**

Le skip circule sur rails et s'élève pour déverser la bentonite brute et les adjuvants dans la trémie d'alimentation, par gravité le produit sera déposé sur l'alimentateur à tablier ou à cames écaillé qui, à son tour achemine le produit vers le concasseur composé de deux rouleaux : lisse et à couteaux.

- A noter des pertes de produit concasser qui sont récupérées par une goulotte et rechargées dans le godet du skip.
- Tout cet ensemble est porté par une ossature métallique au dessus de la première chambre de réception et indépendante de celle –ci.



*Figure N° 07 : Concasseur.*

### **7-2 Séchage :**

Le produit concassé passe, par gravité à travers une goulotte de déversement du concasseur au sécheur horizontal rotatif, alimenté en chaleur en souterrain par la chambre de combustion. A noter des pertes de produit à la sortie du sécheur et sa connexion à deux chambres de réception sans toutefois interférer dans la rotation de ce dernier.

Le séchoir est équipé de lames permettant l'avancée du produit et son homogénéisation.



*Figure N° 08 : four.*

Une fois  
deuxième

du séchoir, le produit séché est transporté par vis sans fin dans une fosse reliée à un élévateur à godets qui alimente à son tour la trémie du broyage.

A l'aide d'un alimentateur jouant le rôle de régulateur de l'alimentation, le produit séché est déversé dans un broyeur pendulaire.

Le broyeur est relié à sa base à un ventilateur principal qui crée une dépression laquelle pulvérise le produit fini.

Le produit fini est aspiré vers un silo qui dessert l'ensacheuse, les fines particules et les poussières créées à ce niveau (silo) sont récupérées par un filtre de dépoussiérage.

### **7-5 Broyage :**

déversé dans la  
chambre de réception



*Figure N° 09 : Broyeur PM8.*

### **7-6 Ensachage :**

La bentonite pulvérisée alimente ensuite une ensacheuse équipée de deux Valves ou le produit est emballé dans des sacs de 50 kg.

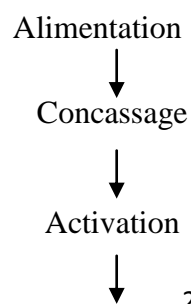
### **Remarque:**

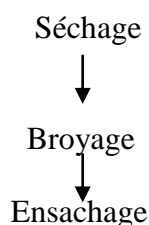
La production des bentonites de fonderie et de charge industrielle se fait sans aucun ajout de réactifs.



*Figure N° 10 : Ensachage en sacs ou en Big Bags.*

### **8- Procède de traitement :**





Référence [1]

### I- Les argiles :

Les minéraux argileux comprennent tous les phyllosilicates ainsi que des espèces d'une structure assez semblable aux phyllosilicates mais de caractéristiques physicochimiques différentes par le terme argile on désigne un mélange naturel de minéraux argileux avec d'autres minéraux non argileux (quartz, calcaire), les différents types des minéraux argileux résultent des différentes combinaisons des éléments structuraux (tétraèdre octaèdre), on distingue trois types : les kaolins, les micas et les montmorillonites. On s'intéresse à cette dernière, la montmorillonite, car elle renferme la bentonite, un minéral de base  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot (Ca, Mg, Na, K) \cdot nH_2O$ , ils ont une structure fine et une haute plasticité. Elles se gonflent, ce qui permet de donner un gel avec de l'eau. Cette argile a un pouvoir d'échange d'ions très élevé. La plus connue, c'est la bentonite, se trouve en abondance en Algérie (Magnaï).

Les montmorillonites ont des propriétés absorbantes remarquables qui les font rechercher par l'industrie (dégraissants, saponifiant, etc.) ; ils ont en outre la propriété de pouvoir échanger des cations (principalement  $Na^+$  et  $Ca^{++}$ , mais aussi  $K^+$ ,  $H^+$ ,  $Mg^{2+}$ ) interfoliaires (distances réticulaires) ou seulement adsorbés en surface, compensant la charge négative résiduelle des feuilles. [2]

**Tableau N° 02 :** Pourcentage moyen en éléments présents dans l'argile. [2]

Eléments	Silice	Alumine	Fer	Calcium	Potassium	Magnésium	Autre sels minéraux
Pourcentage (%)	40 à 60	15 à 48	0.5 à 4	0.15 à 5	0.85 à 4	0.05 à 2	4 à 15

--	--	--	--	--	--	--	--

## I-1 Familles des argiles :

L'épaisseur et les propriétés physiques des feuillets permettent de distinguer les diverses familles d'argiles caractérisées par des propriétés différentes. [3]

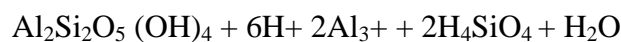
On peut distinguer quatre grandes familles :

### I-1-1 La kaolinite (1/1, $d=7\text{Å}$ ) :

De formule de base :  $2\text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 2\text{H}_2\text{O}$ , la plus pauvre en silice à deux couches ; dans le feuillet élémentaire, une couche de  $\text{Al}(\text{OH})_6$  octaédrique disposée au-dessus de chaque couche de  $\text{SiO}_4$  tétraédrique. Cela signifie que les kaolinites présentent une teneur élevée en alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) qui peut atteindre 35 à 38% dans le cas d'argile réfractaire de bonne qualité.

Les feuillets sont à peu près fixes les uns par rapport aux autres et ne peuvent fixer ni eau ni cation dans leurs intervalles; les possibilités de gonflement, le pouvoir absorbant des bases sont donc réduits. Les kaolinites sont donc très résistantes à la chaleur. Pas de substitution dans les couches, le feuillet est neutre. La kaolinite se forme dans les sols bien drainés, par pH acide, surtout en climat subtropical et tropical. Ces cristaux sont souvent grands (jusqu'à  $15 \mu\text{m}$ ).

L'équilibre de dissolution de la kaolinite en milieu aqueux acide qui libère de l'aluminium sous forme  $\text{Al}^{3+}$  est comme suit :



La kaolinite de couleur blanche neigée grasse au toucher, savonneuse, plastique.

### I-1-2 Les montmorillonites (1/1, $d=10\text{Å}$ ):

Ce sont des phyllosilicates de formule de base :  $4\text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 2\text{H}_2\text{O}$ , plus riche en silice que la kaolinite; l'adsorption d'eau et la fixation de cations sont donc très marquées.

La montmorillonite fait partie des smictites, correspondant à un feuillet à 3 couches: tétraédrique- octaédrique- tétraédrique (2:1) d'épaisseur  $10 \text{Å}$  avec des substitutions au sein de la couche octaédrique où  $\text{Al}^{3+}$  est remplacé par  $\text{Mg}^{2+}$ . La capacité d'échange cationique (CEC) élevée varie de 100 à 130 meq/100g d'argile calcinée à  $900^\circ\text{C}$ .

L'une des argiles la plus connue de cette famille est la terre décolorante, cette argile n'est jamais pure à l'état naturel mais accompagnée d'impuretés minérales (quartz, muscovite, calcite...), des minerais au moins 75% de cette argile porte l'appellation commerciale de bentonite.

### I-2-3 les illites (2/1, $d=10\text{Å}$ ):

Les illites sont des silicates micacés à 3 couches; au-dessus et en dessous de chaque couche d' $\text{Al}(\text{OH})_6$  octaédrique se trouve une couche de  $\text{SiO}_4$  tétraédrique.

Ce groupe comprend plusieurs types d'argiles, également riche en silice, et ses propriétés sont intermédiaires entre celles des deux familles précédentes.

Association d'une CO (alumineuse) et deux CT (siliceuses).

Mais il peut y avoir des substitutions (remplacement de Si par Al). Des cations ( $K^+$ ) sont adsorbés dans l'espace interfoliaire afin de compenser le déséquilibre des charges.

C'est le minéral ubiquiste par excellence. Sa structure est proche de la muscovite (plus d'eau, moins de  $K^+$ ).

#### **I-2-4 les argiles fibreuses:**

Sont caractérisées par une structure fibreuse ou en feuillets rubanés; elles sont souvent magnésiennes. Les principaux types sont la sépiolite et l'attapulgite ou paligorskite.

On les trouve dans les milieux confinés.

### **I-3 Les propriétés physico-chimiques des argiles :**

#### **I-3-1 Les roches argileuses ont les propriétés physiques suivantes:**

- ✓ Elles sont fragiles, elles cassent et se raient facilement.
- ✓ Elles sont colorées, leur couleur varie selon les minéraux dont elles sont constituées.
- ✓ Elles sont transformables, on peut les cuire pour obtenir des céramiques.
- ✓ Elles sont miscibles à l'eau, elles ne se dissolvent pas mais gonflent pour former une pâte.

[4]

#### **I-4 Domaine d'utilisation :**

Du fait des propriétés présentées par la montmorillonite telles que le gonflement et la capacité d'adsorption et d'échange cationique, qui rendent son application (sous la forme brute ou modifiée) 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 (oxydation du CO, méthylation sélective du toluène, oxydation des COV contenant de l'azote, alkylation des aromatiques, adsorbant de cadmium).

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 ainsi en chromatographie comme phase stationnaire. [5]

## **II- La bentonite :**

Les bentonites sont des silicates d'alumine hydratés appartenant au groupe des Montmorillonites de formule brute :  $Si_4 (Al (2-x) Rx) (O_{10}, H_2O) (Cex, nH_2O)$

Ou  $Si_4 (Al (2-x) Rx) (H_2O) n$  avec :

R = Mg, Fe, Mn, Zn, Ni Ce (cations échangeables) = Ca, Na, Mg.

La bentonite est une argile douée de propriétés de surface (caractère, affinité pour l'eau, capacité d'adsorption de composés électropositifs,...).

Les caractéristiques physico-chimiques, les propriétés clarifiants de bentonites d'origines diverses firent l'objet de nombreuses études.

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent à l'ouest algérien. On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Synthèse Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes.

La bentonite que nous utilisons est un fluide de forage naturellement biodégradable, pouvant servir dans de multiples applications de forage. Fabriquée avec des polymères fluides secs, cette bentonite procure une stabilité exceptionnelle au trou de sonde et permet l'évacuation des débris dans des conditions de sol très variées. [6]

## **II-1 Origine de la bentonite :**

Les bentonites sont des argiles d'origine volcanique, constituées principalement de montmorillonite; l'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre entraînent la néoformation des minéraux argileux, qui font partie principalement du groupe des smectites. Les roches argileuses ainsi formées portent le nom de bentonite, d'après le gisement situé près de Fort Benton (Wyoming, Etats-Unis).

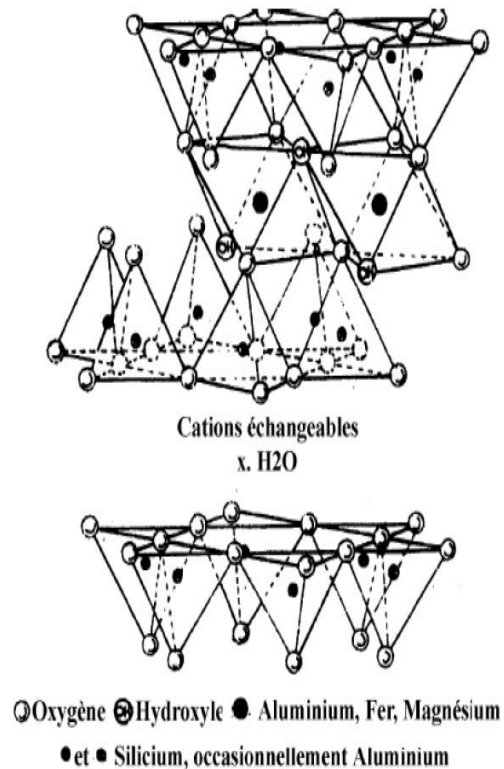
Elle contient plus de 75 % de montmorillonite ; cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France).

La bentonite est une dénomination de la montmorillonite. Cette dernière a été découverte dans des gisements argileux situés près de montmorillon dans la vienne, en France.

Les bentonites découvertes dès 1888 contiennent au moins 75% de montmorillonite. Sous sa forme brute naturelle, la bentonite est une roche tendre ayant à peu près la consistance du kaolin, c'est à dire friable, onctueuse au toucher, sa teinte est blanche, grise ou légèrement teinte de jaune. Elle provient de la dévitrification des couches volcaniques sous l'influence des eaux à réaction alcaline ou acide. En plus de la montmorillonite, cette terre peut contenir d'autres minéraux argileux (kaolinite, illite,...) ainsi que des impuretés sous forme de gypses, de carbonates,...etc. [6]

## **II-2 Structure de la bentonite :**

La montmorillonite (Figure N°01) est le constituant principal de la bentonite. C'est un phyllo silicates 2 : 1 (famille de smectites) dans lequel la charge négative de la couche est électriquement équilibrée par une charge égale, des cations échangeables ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{Na}^+$ ) situés principalement entre ces couches silicates ; ces cations ne font pas partie de la structure et garde une certaine mobilité. [7]



*Figure N°11: Structure de la montmorillonite.*

### II-3 Types de bentonites :

On distingue trois types de bentonites par rapport à leur pouvoir de rétention de molécules organiques, qui sont:

- ✓ Bentonite sodique naturelle.
- ✓ Bentonite calcique naturelle.
- ✓ Bentonite activée.      **[8]**

#### II-3-1 *Bentonites naturelles:*

En fonction de la nature du cation échangeable présent, il existe à l'état naturel deux types de bentonites:

- ✓ Les bentonites sodiques, où le sodium est le cation échangeable majoritaire, elles ont un fort pouvoir de gonflement et d'adsorption.
- ✓ Les bentonites calciques, où le calcium est le cation échangeable majoritaire, elles ont un pouvoir de gonflement et d'adsorption plus faible que les bentonites sodiques. Ces deux types de bentonites, éventuellement après un séchage à 80-90 °C, sont simplement broyées avant leur commercialisation.

#### II-3-2 *Bentonites activées :*

Afin d'améliorer les propriétés d'adsorption des bentonites calciques, ces dernières sont le plus souvent activées par du carbonate de sodium puis séchées et broyées; on obtient ainsi des bentonites calciques activées dont les propriétés sont égales ou supérieures à celles des bentonites sodiques. Les propriétés de ces bentonites ainsi activées ou permutées sont moins stables dans le temps (3 à 18 mois) et dépendent de l'activation et des taux de magnésium, calcium et sodium. Ces différents types de bentonites se présentent sous forme de poudre ou de granulés sphériques ou cylindriques. Elles ont des couleurs très variables allant du blanc pour les produits les plus purs au gris, beige ou vert pour les autres.

#### **II-4 Fonctions de bentonite :**

- ✓ Fluide de forage biodégradable.
- ✓ Performant dans toutes les conditions de sol (un seul fluide de forage).
- ✓ Viscosité élevée pour un nettoyage efficace du trou.
- ✓ Rentabilité et résistance au gel élevé pour une suspension optimale des débris et leur transport.
- ✓ Procure une stabilité exceptionnelle au trou de sonde dans des formations non consolidées.
- ✓ Procure une inhibition de l'argile et du schiste.
- ✓ évite une agglomération fragmentaire.
- ✓ Limite le couple de torsion (mouvement de rotation).
- ✓ Réduit le risque de dommages.
- ✓ Maximise le rendement des puits d'extraction (exemple : puits à eau).
- ✓ Produit un fluide de forage à faible teneur en boue/corps solides, augmentant ainsi le taux de pénétration (aucune impureté).

#### **II-5 Avantage de bentonite :**

- ✓ Non toxique.
- ✓ Dilution rapide et efficace dans de l'eau claire et saline.
- ✓ Stable durant le forage.
- ✓ Recyclable.
- ✓ 3 kilos de cette bentonite fournit la même viscosité que 60 kilos de bentonite qualité Génie Civil où 25 kilos de bentonite haut rendement.
- ✓ Naturellement biodégradable (un stabilisateur peut être rajouté pour retarder la biodégradation).
- ✓ Peut être détruit chimiquement avec de l'Hypochlorite de calcium.

Faible coût de mise au rebut. Détruit ou dégrade naturellement le polymère CB-500 pour épandre les déblais de forage dans une cuve de décantation. La phase fluide peut ensuite être traitée dans une station d'épuration d'eaux d'égouts, laissant des déblais à demi secs.

## **II-6- Propriétés de la bentonite:**

La bentonite se disperse facilement dans l'eau. On obtient une suspension dont les propriétés sont en fonction des caractéristiques suivantes: [9]

### **II-6-1 *l'hydratation interne ou gonflement :***

Le caractère dipolaire des molécules d'eau a donné naissance à une ancienne théorie qui consistait à dire que la surface des argiles étant chargée négativement, les molécules d'eau s'orientaient de façon que leur extrémité positive soit dirigée vers l'argile et leur extrémité négative vers l'extérieur. Cette première couche d'eau forme alors une nouvelle surface négative ou d'autres molécules peuvent se fixer et ainsi de suite.

### **II-6-2 *Cations échangeables et adsorption:***

Les argiles ont la propriété d'adsorber certains anions et cations et de les retenir dans un état où ils sont échangeables avec d'autres ions en solution. Dans les argiles, les cations échangeables les plus communs sont par ordre décroissant:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{Na}^+$ .

Comme il a été dit précédemment dans le cas de la montmorillonite, le motif cristallin présente une charge négative au sein du feuillet par suite de la substitution d'ions  $\text{Al}^{3+}$  par des ions  $\text{Mg}^{2+}$ , en couche octaédrique, et des ions  $\text{Si}^{4+}$  par des ions  $\text{Al}^{3+}$  en couche tétraédrique.

Cette charge négative est évidemment compensée par un nombre équivalent de cations.

Pour des raisons de neutralisation électrique, ces cations se logent dans les espaces inter foliaires ainsi qu'à la surface des feuillets. Le cation majoritairement représenté conditionne largement les propriétés physico-chimiques des bentonites.

Le dosage des cations permet donc de déterminer la nature de l'argile: sodique, calcique ou magnésienne. BLADE et BOULTON cités par MARCHAL classent les bentonites en tenant compte des deux cations échangeables.

Pour le Na et le Ca, ils obtiennent ainsi 4 Catégories: Na, Na-Ca, Ca-Na, Ca.

## **II-7 Caractéristiques de la bentonite brute :**

Nous avons travaillé avec la bentonite de Mostaganem du gisement de M'Zila, En nous basant sur les caractéristiques déterminées par le laboratoire des analyses de la bentonite de l'unité (ENOF) de Mostaganem.

Les caractéristiques physico-chimiques (**tableau N° 02**) et minéralogiques (**tableau N° 03**), font apparaître que la montmorillonite est la principale composante de la bentonite. Le cation majoritaire dans cette argile est le calcium, elle est donc calcique. [10]

**Tableau N° 03 : Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite (ENOF, 1997).**

Surface spécifique (m <sup>2</sup> /g)	pH	Cations échangeables (meq/100g)			Na/Ca
65	9,0	Ca	Mg	Na	0,58
		43,6	4,8	25,2	

**Tableau N° 0 4 : Caractéristiques minéralogiques de la bentonite (ENOF, 1997).**

Identification des minéraux			
Montmorillonite	Quartz	Feldspaths	Biotites
45 à 60 %	15 à 20 %	3 à 5 %	8 à 10 %

## II-8 La bentonite et ses utilisations :

Le terme bentonite désigne une argile composée essentiellement de montmorillonite du groupe des smectiques et qui se caractérise par une forte capacité de gonflement

(Pouvoir absorbant) après absorption d'un liquide : l'eau ou un liquide organique.

Les smectiques se caractérisent par une structure en feuillets (distance réticulaire 14Å) constitués de trois couches tétraédriques et octaédriques selon la position de l'oxygène ou de l'hydroxyle (OH), les petits cations ( Si<sup>4+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) se logent dans les cavités des tétraèdres et des octaèdres.

Cette organisation se caractérise aussi par un désordre dans la structure ce qui facilite leur écartement (la distance réticulaire peut varier de 1 à 1,8 nm) et la faible charge des feuillets ce qui permet de ainsi à des cations divers, des molécules d'eau ; des molécules organiques d'être captés (absorbés) naturellement ou d'y être logés artificiellement.

Les bentonites conservent l'humidité plus longtemps que les argiles ordinaires. Leur couleur est généralement gris-clair, grise, aux teintes bleuâtres (à l'état sec) et verdâtre (à l'état humide).

Les bentonites peuvent être classées en 2 groupes selon qu'elles sont sodiques (gonflables et conviennent pour les boues de forage) ou calciques (avec un indice de gonflement très faible et une forte capacité d'adsorption).

Les principaux gisements d'argile bentonitiques dans le monde sont localisés en Floride, Géorgie, Alabama, Californie (USA), Montmorillon dans la Vienne (France), en Allemagne, au Japon, etc.

Les gisements d'argiles bentonitiques en Algérie sont exploités depuis plus de 50 ans dans les régions de Magnai et Mostaganem.

A l'échelle du gisement, la variation des compositions chimiques est telle que l'établissement d'une carte qualité s'est imposé comme outil de gestion de l'exploitation vers les trois principales qualités de bentonite brute recherchée : bentonite de forage pétrolier et hydraulique et bentonite de fonderie.

La bentonite pour charge minérale et pour le génie civil ne requiert pas de contrainte particulière, cependant toutes les couches de gisement peuvent fournir ces qualités. [11]

## II-9 Les principales utilisations de la bentonite :

### II-9-1 Fabrication de moules de fonderie :

4 à 8 % de bentonite sont ajoutées au sable de silice pour la réalisation des moules permettant de couler les pièces en métaux ferreux et non ferreux.

### II-9-2 Bouletage du minerai de fer :

Ce bouletage permet la réduction de minerais de fer pulvérulents ou trop fins dans des conditions rentables. Les boulettes sont préparées par addition au minerai de 0.5 à 0.7 % de smectique et 10 % d'eau.

### II-9-3 Boues de forage :

Grâce à ses propriétés rhéologiques, une tonne de bentonite sodique permet de produire plus de 16 m<sup>3</sup> de boue, pour le forage en milieu non salé. Les propriétés de viscosité de ces boues permettent de remonter les « cuttings » en surface. Cette boue permet aussi de créer, sur les parois du trou, un revêtement étanche et lubrifie les tiges et l'outil de forage.

### II-9-4 Génie civil :

Pour la création de voile d'étanchéité d'excavations, l'injection de coulis de ciment (la présence de bentonite permettant le maintien en suspension du ciment).

### II-9-5 Terres décolorantes :

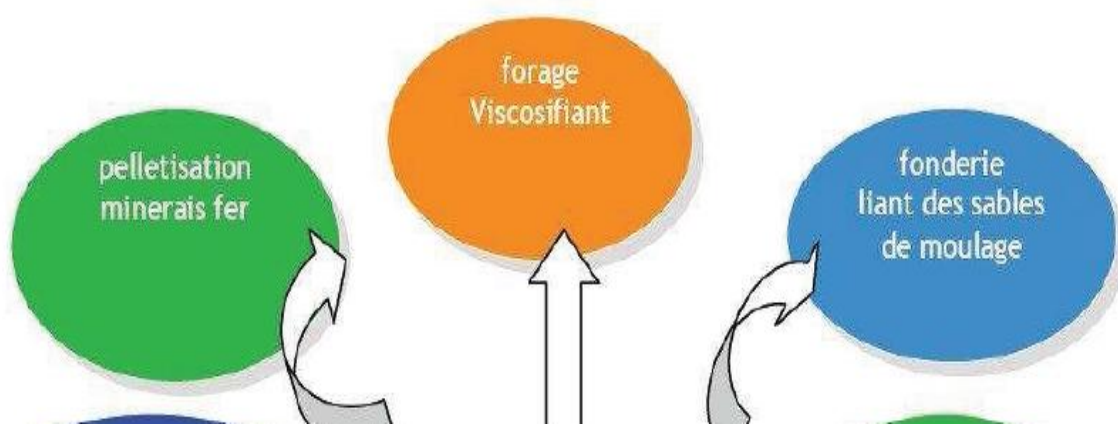
Les bentonites trouvent également des débouchés pour la décoloration des huiles et comme support de catalyse (bentonites activées à l'acide). [12]

## II-10 Autres utilisations :

La bentonite est un nano composite recherché comme charge minérale dans les insecticides et pesticides, les aliments de bétails, les engrais, les produits cosmétiques, les polymères, en pharmacie, comme pansement gastrique, etc.

L'unité de production de bentonite de Mostaganem se subdivise en deux processus

Le laboratoire et le traitement. [12]



*Figure N°12 : Domaines industriels d'utilisation des bentonites.*

### **1-American Petroleum Institute (API) :**

Est le groupe de pression principal de l'industrie pétrolière aux États-Unis, représentant quelque 400 entreprises qui couvrent l'éventail de l'industrie du pétrole et de l'essence, des géants aux petits indépendants. [13]

### **2- Définition de la viscosité :**

**La viscosité :** peut être définie comme la résistance à l'écoulement uniforme et sans turbulence se produisant dans la masse d'une matière.

La viscosité se manifeste chaque fois que les couches voisines d'un même fluide sont en mouvement relatif, c'est à dire lorsqu'il s'établit un gradient de vitesse.

On peut donc dire de la viscosité qu'elle est la mesure du frottement fluide.

La viscosité est un des principaux paramètres mesurés lors de l'étude de l'écoulement de fluides. [14]



*Figure N° 13 : Appareil de viscosimètre.*

### **3- Filtrat :**

Le principe de la mesure du volume de filtrat est de verser un mélange, préparé dans une cellule de pression où se trouve un papier filtre à son embase.

Une fois remplie, l'assemblage est alors complété par la mise en place de la cellule dans son bâti ; de l'entrée d'air comprimé et d'un récipient sous le tube de drainage. L'essai débute par l'ajustement de la pression sur la cellule à 0,7 MPa. Le volume du filtrat est relevé à 7,5 min et 30 min.

La norme ASTM D5891-95, régissant l'essai de filtrat, permet d'obtenir le volume de filtrat mais de manière non explicite. C'est la raison pour laquelle les auteurs s'accordent à établir leur propre méthode pour tirer des résultats de l'essai du volume de filtrat. Dans le présent article, 2 méthodes simples ont été utilisées : l'une supposant une perméabilité constante et l'autre s'appuyant sur l'existence d'une résistance spécifique du cake.

Le dispositif expérimental a donc été légèrement modifié en proposant d'enregistrer le volume infiltré cumulé en fonction du temps, durant 30 min. [15]



*Figure N° 14: Appareil de filtre presse.*

### **4- Infrarouge à transformée de Fourier (FITR) :**

La spectrométrie infrarouge est sensible aux énergies de vibration des liaisons moléculaires. Elle constitue une méthode d'analyse des environnements locaux quel que soit l'état physique du système étudié. [16]

#### **4-1 Principe :**

Dans les conditions normales de température et de pression (CNTP), les atomes et groupements fonctionnels, constituant la matière, sont animés de mouvement vibratoires. Si ces constituants sont exposés à un rayonnement électromagnétique infrarouge, les liaisons moléculaires absorbent une partie de cette énergie et vibrent selon des mouvements de différents types (vibrations d'élongation ou de déformation).

#### **4-2 Appareillage :**

Les mesures ont été effectuées en réflexion diffuse. L'échantillon est dilué dans du KBr pour atténuer les pertes en énergie. La radiation pénètre à l'intérieur de l'échantillon, subit des effets de réflexion, réfraction, diffusion et absorption puis est réémise dans toutes les directions

D'un espace hémisphérique. Les spectres d'absorption ont été réalisés dans le domaine du moyen infrarouge, correspondant à des nombres d'onde ( $\nu = 1/\lambda$ ) compris entre 400  $\text{cm}^{-1}$  et 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

L'appareil utilisé est spectromètre infrarouge à transformateur de Fourier (IR-FT ; Perkin Elmer).

Le spectre accessible est ainsi de 4000 à 666  $\text{cm}^{-1}$ . Un échantillon de la substance à analyser est soumis successivement au spectre entier et on mesure le pourcentage de lumière infrarouge transmise en fonction du nombre d'onde.



*Figure N° 15 : Appareil de l'infrarouge.*

### **5- Mécanismes de gonflement :**

Les matériaux susceptibles de gonfler sous l'action de l'eau sont les sols argileux naturels, les marnes, les roches argileuses et les roches composées d'anhydrite. Le processus de gonflement interarticulaire met en jeu séparément ou de façon combinée des phénomènes physico-chimiques et mécaniques variés. Il dépend aussi de la texture du matériau, c'est-à-dire de l'organisation des plaquettes entre elles, comme on le montrera dans la suite. On présentera aussi le cas de l'anhydrite dont la transformation en gypse, en présence d'eau, provoque un gonflement notable. [17]

### **6- Gonflement au sens physico-chimique :**

Compte tenu de la structure ionique présentée précédemment, il apparaît d'importantes interactions physico-chimiques entre une particule argileuse et l'eau, généralement illustrées par le modèle de la double couche. Avec des hypothèses très précises, cette théorie permet de quantifier le phénomène de gonflement par rapport aux différents paramètres de l'eau.

Le gonflement des argiles est un phénomène notable dans beaucoup de sols comme les marnes, les molasses ou les schistes argileux contenant en particulier de l'illite, smectites qui représentent environ 2,5% de la surface des terres dans le monde et sont présents principalement dans les zones climatiques où de fortes variations saisonnières de précipitation et de température sont observées cité par [2], le phénomène de gonflement est susceptible d'induire des désordres très importants au niveau de la structure de l'ouvrage d'où le coût annuel des dégâts lié à la sécheresse géotechnique est estimé très supérieure à celui de toutes les autres catastrophes naturelles. [17]



*Figure N° 16 : Mécanismes de gonflement.*

## 7- Le pH :

Le pH mesure l'acidité d'un liquide. Sa valeur s'exprime sur une échelle graduée de 0 à 14 où 1 désigne une substance fortement acide, 7, une substance neutre, et 14, une substance fortement basique. Ainsi, les substances ayant un pH inférieur à 7 sont acides tandis que les substances ayant un pH supérieur à 7 sont basiques. [18]



*Figure N° 17 : appareil de ph mètre.*

## 8- L'humidité :

Est la présence d'[eau](#) ou de vapeur d'eau dans l'[air](#) ou dans une substance (linge, pain, produit chimique, etc.). Elle peut se mesurer grâce à un [hygromètre à cheveu](#) ou numérique et s'exprime en pourcentage le plus souvent. [20]

## Partie expérimental

### 1- Matériels utilisés :

étuve(110°C), viscosimètre, éprouvette graduée (100ml,500ml),tamis100 meshes (149um),broyeur, agitateur, appareil de filtrage liée un générateur de pression réglé a 1 bar ,balance ,concasseur ,ph mètre ,pilon à mortier traditionnel, le bol de l'agitateur, la spatule.

### 2- Produits utilisés :

Argile de recherche FB2,  $\text{Na}_2\text{CaCO}_3$  ,  $\text{MgO}$ , l'eau distillé, l'eau de robinet.

### 3-Préparation de produit fini :

*Mode opératoire :*

- ✓ On prend une tout venante qualité de FB2 pour concassage.
- ✓ On prend 5 échantillons, a chaque échantillon en mettre 50g et on ajoute 4g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  et 1g de  $\text{MgO}$ .
- ✓ On ajoute 15ml de  $\text{H}_2\text{O}$  et On obtient un mélange se forme une boue.
- ✓ Boudinage de mélange.
- ✓ On met le mélange dans l'étuve (110°C) pour séchée.
- ✓ Variation du temps de séchage de l'échantillon. (voir le tableau N°05)
- ✓ Variation de température de 100°C à 140 °C avec un pas de 10°C.

**Tableau N°05 : variation du temps de séchage et de température.**

<b>Echantillons</b>	<b>Temps (minute)</b>
<b>Echantillon 01</b>	X= 60 min
<b>Echantillon 02</b>	X+60 min
<b>Echantillon 03</b>	X+120 min
<b>Echantillon 04</b>	X+180 min
<b>Echantillon 05</b>	X+240 min
Echantillon de l'usine	/////



Concassage de tout venant



Tout venant



Peser 50g de tout venant



Dosage de MgO



Dosage de  $\text{Na}_2\text{CaCO}_3$



Ajouter la suspension de T.V



Mettre  $\text{Na}_2\text{CaCO}_3$  de Mortier traditionnel

Mettre  $\text{Na}_2\text{CaCO}_3$  de Mortier traditionnel



Mélange l'échantillon



Ajouter 15ml de  $\text{H}_2\text{O}$

Obtention de mélange

Mettre le mélange sur un plat



Boudinage le mélange



Mettre la suspension de bentonite en étuve ( $110\text{c}^\circ$ )



Broyage de bentonite



Obtention du produit broyé



Tamissage du produit



Produit fini

**Figure N°18 : Protocol de préparation de produit fini.**

#### 4- Mesure viscosité :

##### *Mode opératoire :*

- ✓ Pour mesure viscosité, On prend une suspension de 22,5 g +/- 0,1 g de bentonite dans
- ✓ 350 cm<sup>3</sup> +/- 0,5 d'eau distillée. et Après on agité durant 5mn +/- 0,5 dans un malaxeur (Hamilton Beach), en enlever le bol de l'agitateur et gratter les grains de bentonite collés à la paroi. On Remettre en agitation et répéter la même opération chaque 5 à 10 mn. Le temps d'agitation total est de 20mn +/- 1.
- ✓ On Laisser la suspension de bentonite reposer dans un bloc couvert.

Après vieillissement de 16 heures, on à versé la suspension dans le bol de l'agitateur et on agiter de nouveau pendant 5 mn +/- 0,5.

- ✓ On Placer la suspension dans le bol du Viscosimètre FANN et noter les lectures L600 et L300 et ce, quand l'aiguille se stabilise sur le cadran.



Peser 22.5g de bentonite



Ajouté 350 cm<sup>3</sup> +/- 0,5 d'eau distillée



Agité durant 5mn +/- 0,5 dans un malaxeur (Hamilton Beach)



On obtient un mélange de cette forme



Mesure viscosité de la bentonite (L600 et L300)



Laisser la suspension de bentonite reposer dans un bloc couvert pendant 16 h



Agiter de nouveau pendant 5 mn +/- 0,5. Dans un malaxeur (Hamilton Beach) après 16h

Mesuré la viscosité

*Figure N°19 : méthode d'analyse de la viscosité*

### 5- Perte au filtrat :

#### *Mode opératoire :*

- ✓ On Reprendre la suspension précédente et on agiter pendant une minute. Et on Verser la suspension dans la cellule de filtre presse. Avant la filtration, vérifier l'étanchéité des pièces et s'assurer qu'elles sont bien sèches.
- ✓ On Régler le premier time à 7,5 mn et le second à 30 mn et ouvrir la vanne de pression à 100 PSI (07 bars) et placer une éprouvette sous l'orifice de la cellule.
- ✓ Noté le volume de filtrat.



Verser la suspension dans la cellule de filtre presse

Reprendre la suspension précédente et agiter pendant une minute



Placé la suspension dans la filtre presse



Noté le volume de filtrat sur l'éprouvette gradué



Filtration de la bentonite

*Figure N°20 : méthode d'analyse du volume de filtrat.*

## 6- Mesure de l'indice de gonflement :

### *Mode opératoire :*

- ✓ On prend 2g de bentonite à teneur d'humidité connue, sont pesés sur la balance de précision (0,01g), puis versés en petites fractions avec la spatule, dans l'eau distillée contenue dans le tube en verre gradué (de 100 ml).
- ✓ Il est important d'attendre qu'une fraction soit complètement déposée au fond du tube avant d'en ajouter une autre (attendre environs 45mn avant d'ajouter une fraction nouvelle).
- ✓ La bentonite absorbe l'eau et gonfle lentement. Après avoir ajouté tout l'échantillon (temps total d'addition inférieur à 1 h), on le laisse se stabiliser pendant 2 heures puis on lit sur le tube gradué le volume du sédiment déposé.

### Expression du résultat :

$$V' = 100 V / (100 - M).$$

V' = volume de gonflement calculé en rapport avec la matière solide.

V = volume de dépôt.

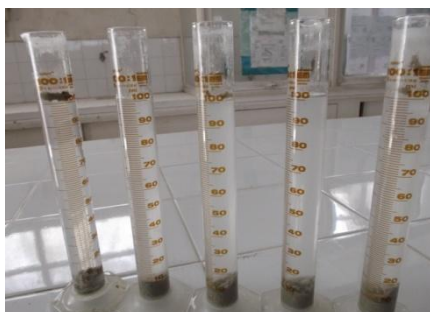
M = teneur en humidité.



Peser 2g de bentonite à teneur d'humidité



Versés en petites fractions avec la spatule, dans l'eau distillée contenue dans le tube en verre gradué (de 100 ml)



**La bentonite absorbe l'eau et gonfle lentement**  
**Après avoir ajouté tout l'échantillon (temps total d'addition inférieur à 1 h), on le laisse se stabiliser pendant 2 heures puis on lit sur le tube gradué le volume du sédiment déposé.**

**Figure N°21 : Méthode d'analyse de l'indice de gonflement.**

**7- Mesure de l'humidité:**

**Mode opératoire :**

- ✓ On Pesar 10g de bentonite.
- ✓ Sécher à l'étuve à 110°C pendant 02 heures.
- ✓ On Refroidir dans un dessiccateur.

**8- Calculer l'Humidité:**

Humidité (%en poids) = poids de l'échant - Points de l'échant séché.



Dosage de bentonite.



On pose la suspension de la bentonite  
Sécher à l'étuve à 110°C pendant 02  
heures.

**Figure N°22 : Méthode d'analyse d l'humidité.**

**9- Réception des produits Contrôle au carbonate de sodium et magnésium :**

**9-1 Mesure de l'humidité :**

**Mode opératoire :**

- ✓ On Pesar 10g de produit.
- ✓ Sécher à l'étuve à 110°C pendant 02 heures.
- ✓ On Refroidir dans un dessiccateur.

**Calcul :**

Humidité (% en poids) = 100\* (Poids de l'échant. de départ - poids de l'échant. Séché).



### Dosage de $\text{Na}_2\text{CaCO}_3$



### Dosage de $\text{MgO}$



On pose les échantillons à l'étuve à  $110^\circ\text{C}$

*Figure N°23: méthode d'analyse l'humidité des réactifs.*

### 9-2 Mesure du pH :

- On Pousse le bouton ON/OFF du PH mètre.
- On Pousse le bouton PH/MV.
- On a Rincé la carbonate de sodium avec de l'eau distillée.
- On a Rincé le magnésium avec de l'eau distillée.
- Immerger la carbonate de sodium dans la solution à mesurer.
- Immerger le magnésium dans la solution à mesurer.
- On Note la valeur du PH après stabilisation de quelques secondes.



Mettre l'échantillon de  $\text{Na}_2\text{CaCO}_3$  au bol de l'agitateur



On pose l'échantillon de  $\text{MgO}$  au bol de l'agitateur



Agitation l'échantillon



Rincé la carbonate de sodium avec de l'eau distillée

On Noter la valeur du PH après stabilisation de quelques secondes.

*Figure N°24 : méthode d'analyse de Ph.*

## 10-Spectrophotomètre IR à transformée de Fourier (FTIR ou IRTF) :

### 10-1 Matériel utilisé :

- *Appareil* : spectrophotomètre IR à transformée de Fourier (FTIR ou IRTF).
- une presse hydraulique ou pastilleuse.
- Mortier avec le pilon.
- La cellule ou une moule.

### 10-2 Produit utilisé :

- 100mg de KBr.
- 1mg de poudre de bentonite.

### 10-3 Mode opératoire :

#### *Préparation de l'échantillon en pastille de KBr :*

Prendre 120mg de solide dans la pastille de KBr. avec l'échantillon de bentonite en poudre est incorporé à un support qui **n'absorbe pas dans l'IR moyen**, ici le bromure de potassium. Un mélange homogène à environ 1mg de poudre de bentonite /poudre KBr est préparé puis finement broyé. Il est déposé dans un moule puis soumis à une très forte pression dans une presse hydraulique. Il est ensuite extrait du moule sous la forme d'une pastille.



Dosage de KBr



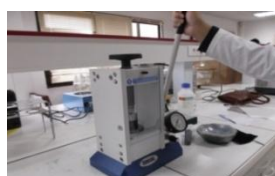
Dosage de bentonite



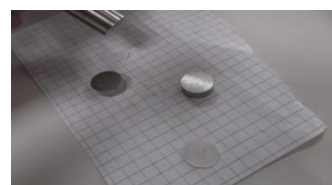
Mettre la suspension à mortier



On mélange les échantillons



Placé la suspension dans la pastilleuse



On obtient une pastille cette se forme

*Figure N°25 : méthode d'analyse de l'infrarouge.*

### *Acquisition des spectres d'absorption FTIR :*

- Le porte-échantillon contenant la pastille KBr/produit est placé dans le compartiment de mesure du spectre sur le trajet du faisceau incident (voir image ci-dessous).

Le signal enregistré par le détecteur du spectre prend en compte, non seulement l'absorption du rayonnement l'IR par le produit à étudier, mais aussi par l'air présent dans le compartiment de mesure et éventuellement par le KBr s'il n'est pas complètement anhydre. Il faut donc enregistrer un spectre de bruit de fond (background) de l'air (éventuellement d'une pastille de KBr pure), qui sera ensuite soustrait du spectre obtenu avec la pastille contenant l'échantillon.

Cela permet de se débarrasser des absorptions parasites.

Les spectres sont enregistrés en transmittance.



**Placé la pastille KBr /produit dans le compartiment de mesure du spectre sur le trajet faisceau incident.**

## 11-Résultats et discussions :

Tableau N°06 : résultats des analyses rhéologiques de la 1<sup>ère</sup> semaine.

Code Echantillon		Résultats des Analyses	Paramètres rhéologique			
			Visc L600	Visc L300	V. .FIL (ml)	IG
I		Dans l'immédiat	27	22	29	14.32
		Après 16h	32	27		
II		Dans l'immédiat	20	15	31	9.91
		Après 16h	25	20		
III		Dans l'immédiat	20	15	35	8.81
		Après 16h	22	17		
IV		Dans l'immédiat	15	10	36	9.36
		Après 16h	17	12		
V		Dans l'immédiat	14	09	36	9.91
		Après 16h	15	10		
Echantillon d'usine		Dans l'immédiat	25	20	17	13.21
		Après 16h	30	25		

**Tableau N°07 : résultats des analyses rhéologiques du 2<sup>ème</sup> semaine.**

Code Echantillon		Résultats des Analyses	Paramètres rhéologique			
			Visc L600	Visc L300	V.FIL (ml)	IG
I	2 <sup>ème</sup> semaine	Dans l'immédiat	30	25	15	14.32
		Après 16h	33	28		
II		Dans l'immédiat	20	15	33	9.91
		Après 16h	20	15		
III		Dans l'immédiat	15	10	33	8.81
		Après 16h	20	15		
IV		Dans l'immédiat	15	10	34	9.36
		Après 16h	17	12		
V		Dans l'immédiat	14	09	34	9.91
		Après 16h	14	09		
Echantillon d'usine	Dans l'immédiat	30	25	15	13.21	
	Après 16h	33	28			

**Tableau N°08 : résultats des analyses rhéologique de la 3<sup>ème</sup> semaine.**

Code Echantillon		Résultats des Analyses	Paramètres rhéologique			
			Visc. L600	Visc. L300	V .FIL (ml)	IG
<b>I</b>	3 <sup>ème</sup> semaine	Dans l'immédiat	22	17	24.5	14.32
		Après 16h	33	28		
<b>II</b>		Dans l'immédiat	19	14	36	9.91
		Après 16h	20	15		
<b>III</b>		Dans l'immédiat	18	13	37	8.81
		Après 16h	19	14		
<b>IV</b>		Dans l'immédiat	17	12	38	9.36
		Après 16h	17	12		
<b>V</b>		Dans l'immédiat	14	09	38	9.91
		Après 16h	14	09		
<b>Echantillon d'usine</b>	Dans l'immédiat	35	30	1	13.21	
	Après 16h	36	31			

**Tableau N°09 : résultats des analyses rhéologiques de la 4<sup>ème</sup> semaine.**

Code Echantillon		Résultats des Analyses	Paramètres rhéologique			
			Visc L600	Visc L300	V.FIL (ml)	IG
I		Dans l'immédiat	25	20	28	14.32
		Après 16h	33	28		
II		Dans l'immédiat	18	13	28	9.91
		Après 16h	20	15		
III		Dans l'immédiat	18	13	33	8.81
		Après 16h	19	14		
IV		Dans l'immédiat	15	10	35	9.36
		Après 16h	17	12		
V		Dans l'immédiat	14	09	35	9.91
		Après 16h	14	09		
Echantillon d'usine		Dans l'immédiat	35	30	18	13.21
		Après 16h	38	33		

4<sup>ème</sup> semaine

## 12- Mesure le pH :

$\text{PH}_{\text{MgO}} = 12.17$

$\text{PH}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 10.77$

## 13- Mesure l'humidité:

$\text{MgO} = (10 - 9.96) * 100$

$\text{MgO} = 4 \%$

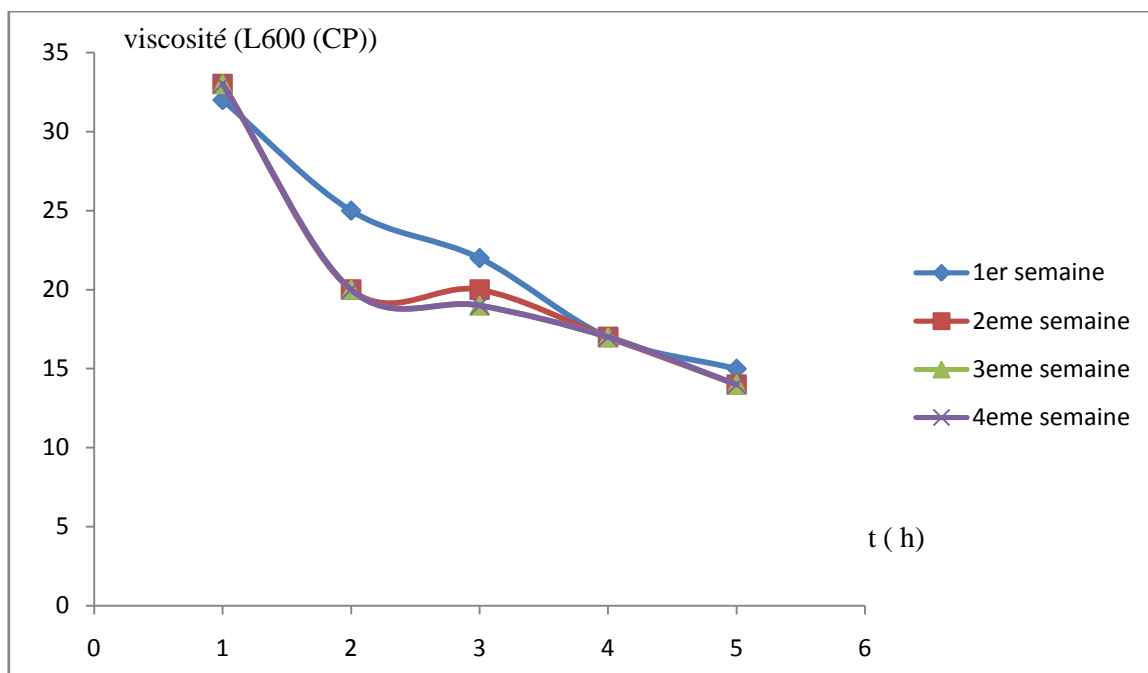
$\text{Na}_2\text{CO}_3 = (10 - 9.82) * 100$

$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 18\%$

**Tableau N°10 : résultats de la viscosité des échantillons pour chaque semaine.**

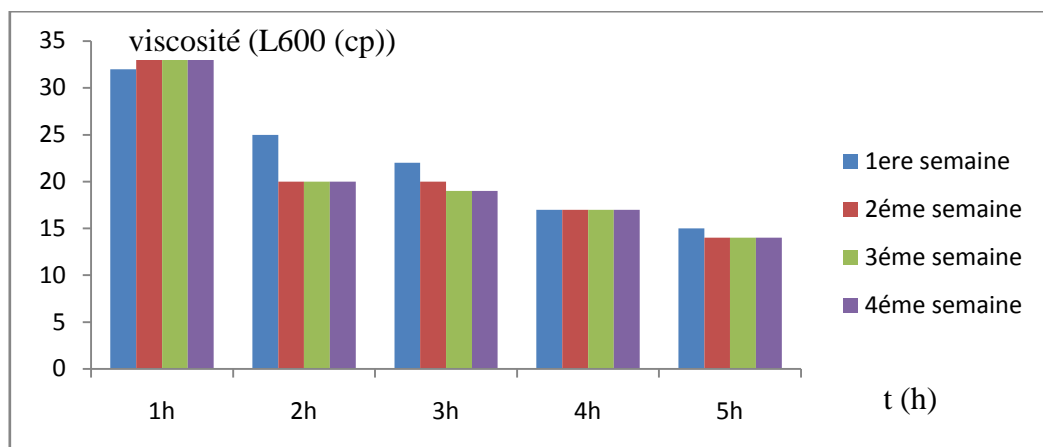
Code d'échantillon	Temps	1 <sup>ère</sup> semaine	2 <sup>ème</sup> semaine	3 <sup>ème</sup> semaine	4 <sup>ème</sup> semaine
I	1h	32	33	33	33
II	2h	25	20	20	20
III	3h	22	20	19	19
IV	4h	17	17	17	17
V	5h	15	14	14	14

## 14- Diminution de la viscosité des échantillons en fonction du temps de séchages.



**Figure N° 26 : diminution de la viscosité des échantillons en fonction du temps de séchages**

**15- Représentation de la viscosité des échantillons pour chaque semaine :**

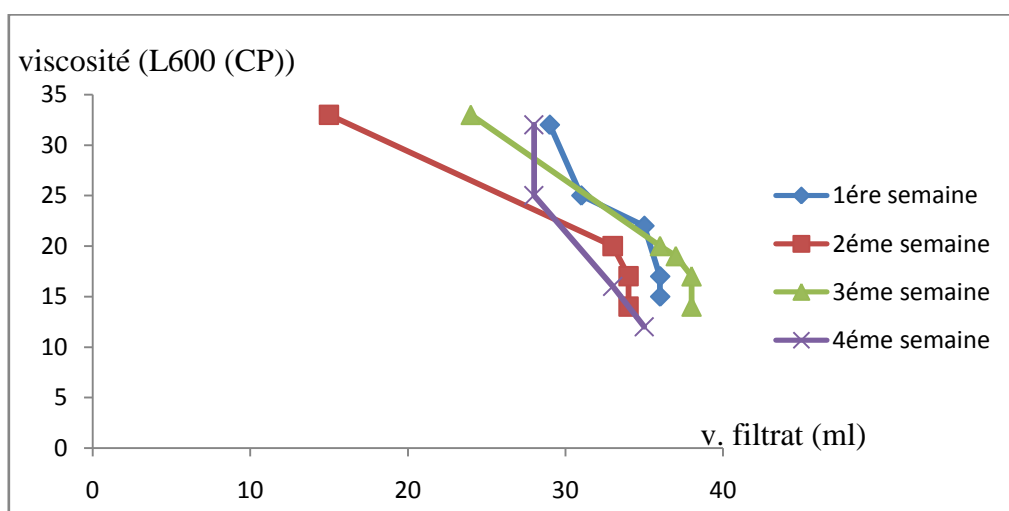


*Figure N°27 : représentation de la viscosité des échantillons pour chaque semaine.*

**Tableau N°11 : résultats de la filtration des échantillons pour chaque semaine.**

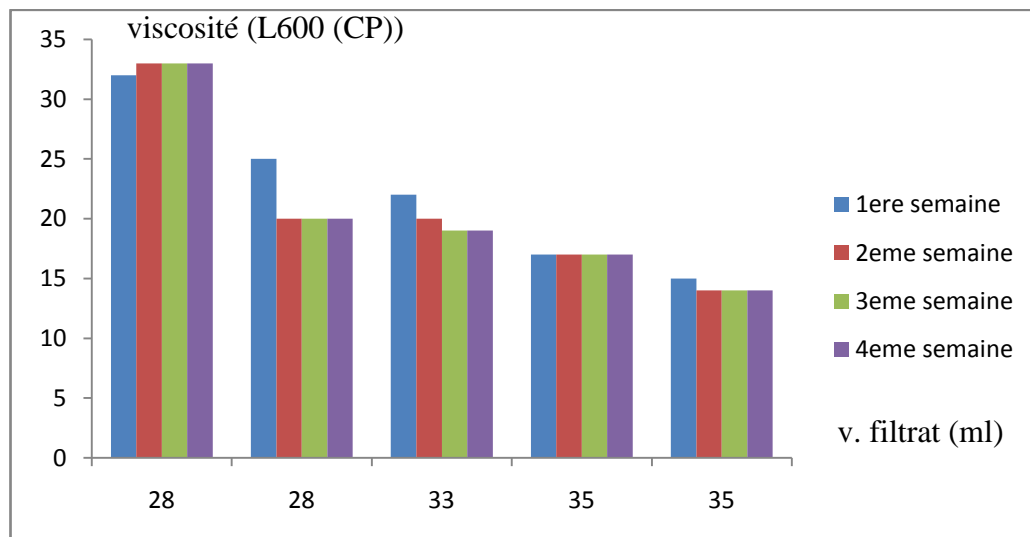
Code d'échantillon	1 <sup>re</sup> semaine		2 <sup>eme</sup> semaine		3 <sup>eme</sup> semaine		4 <sup>eme</sup> semaine	
	V.filtrat	viscosité	V.filtrat	viscosité	V.filtrat	viscosité	V.filtrat	viscosité
I	29	32	15	33	24	33	28	33
II	31	25	33	20	36	20	28	20
III	35	22	33	20	37	19	33	19
IV	36	17	34	17	38	17	35	17
V	36	15	34	14	38	14	35	14

**16 - Diminution de la viscosité des échantillons en fonction du volume de filtrat.**



*Figure N°28 : Diminution de la viscosité en fonction de volume filtrat.*

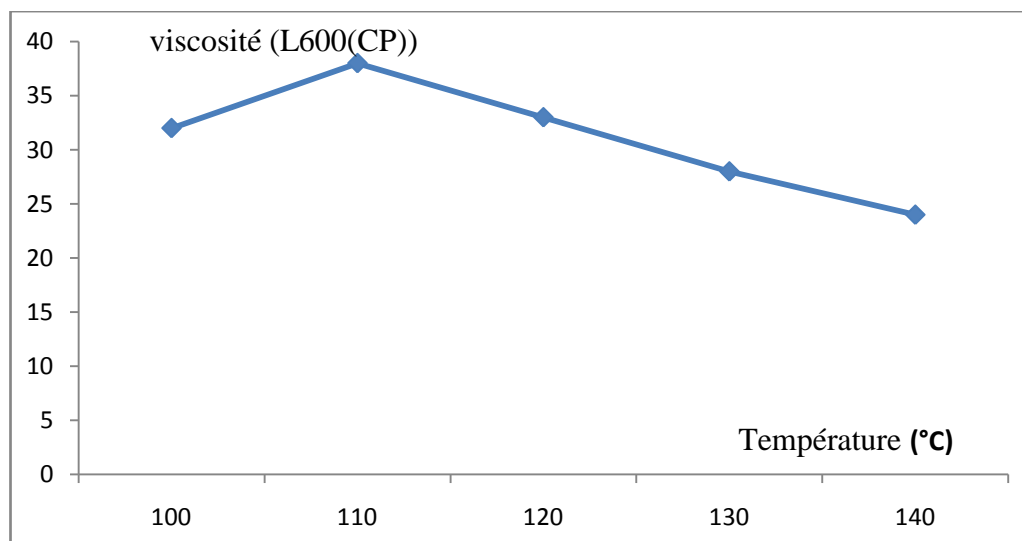
**17- Représentation de volume filtrat des échantillons par semaine :**



*Figure N° 29: représentation de volume filtrat des échantillons par semaine.*

**Tableau N°12 : Diminution de la viscosité en fonction température.**

Température (°C)	Viscosité (Cp)
100	32
110	38
120	33
130	28
140	24



*Figure N° 30: Diminution de la viscosité en fonction de la température.*

**18- Discussion :**

Les figures N°(26,27) représente la diminution de la viscosité en fonction de temps de séchage, On constate que la viscosité diminue lors d'augmentation de temps de séchage, la moyenne de cette diminution est de 5CP/h qui provoque la dégradation total de la qualité de la bentonite a une valeur minimale de 14Cp.

Les Figures N°(28,29) représente la diminution de la viscosité en fonction de volume filtrat, on a remarque que lors de l'augmentation de temps de séchage , la viscosité diminue et le volume filtrat augmente ,jusqu'a 10 mm pour certain échantillons, cette augmentation entraine à la mauvaise qualité de la bentonite.

La figure N° 30 représente la viscosité en fonction de la température, cette figure montre une augmentation de la viscosité jusqu'à une valeur de 38Cp pour une température 110°C, en suite elle est diminue lors de l'augmentation de la température j'jusqu'a une valeur minimale de 24 Cp.

## 19-Les spectres infrarouges de bentonite de Mostaganem :

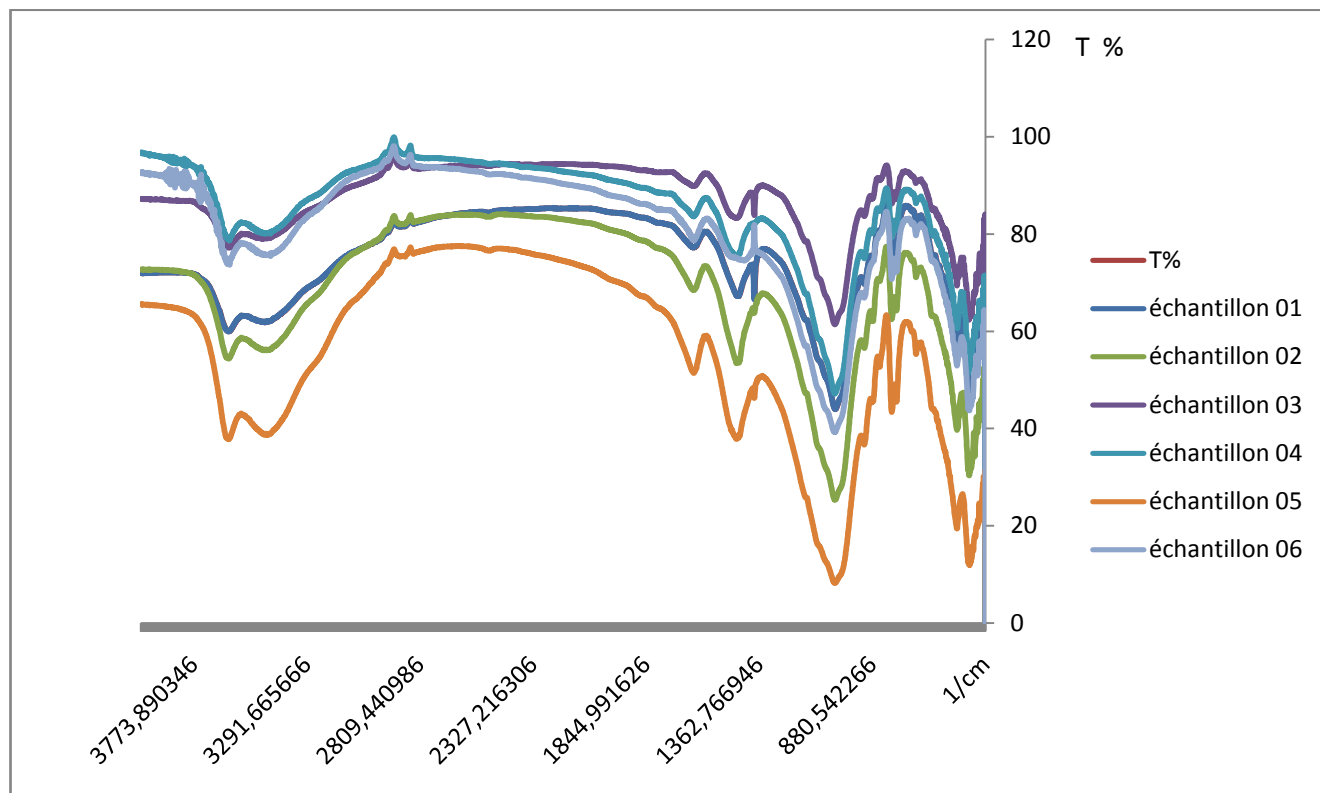


Figure N°31 : les spectres infrarouges de bentonite de Mostaganem.

Tableau N°13 : Bandes caractérisation de la bentonite de Mostaganem.

Bandes IRTF caractéristique en (cm <sup>-1</sup> )	Liaison et nature de vibrations
3200 - 3800 cm <sup>-1</sup> ,	Liaison des groupements O-H. vibrations d'allongement.
1600 - 1700 cm <sup>-1</sup>	liaison O-H de l'eau vibrations d'allongement.
1449.1cm <sup>-1</sup>	liaisons C-O vibration d'élongation.
900-1200 cm <sup>-1</sup>	liaison Si-O vibration d'élongation.
515cm <sup>-1</sup>	liaison Si-O-Al vibration de déformation.

## 20 -Interprétation du graphe:

La figure N° 31 : représente La bande située dans l'intervalle 3200 - 3800  $\text{cm}^{-1}$ , avec des pics intenses à 3620 - 3640  $\text{cm}^{-1}$  et à 3400  $\text{cm}^{-1}$ , est très caractéristique des montmorillonites. Entre 3620 - 3640  $\text{cm}^{-1}$ , le pic correspond aux vibrations d'allongement de la liaison des groupements O-H.

La bande moyenne qui s'étale entre 1600 - 1700  $\text{cm}^{-1}$  est attribuée aux vibrations de valence (allongement) de la liaison O-H de l'eau.

Une bande de faible intensité à 1449.1  $\text{cm}^{-1}$ , caractéristique des modes de vibration d'élongation des liaisons C-O (cette bande d'absorption est révélatrice de la présence de la matière organique)

La bande intense située entre 900-1200  $\text{cm}^{-1}$  et centrée vers 1035  $\text{cm}^{-1}$  correspond aux vibrations de valence de la liaison Si-O.

Un pic autour de 515  $\text{cm}^{-1}$  Si-O-Al liaisons de vibration de déformation.

## Conclusion générale :

Durant nos études à l'université de Mostaganem, on a pu acquérir une base théorique, qui nous a permis de réaliser notre stage pratique au niveau de L'unité BENTAL de Mostaganem.

Cette mise en situation professionnelle nous a permis de nous familiariser avec le secteur des mines touchant de près les problèmes réels entre autre celui lié à notre étude et de mettre en application les bases théoriques acquises durant notre cursus.

Notre étude a porté essentiellement sur l'effet de temps de séchage et la température sur la qualité de la bentonite en évitant la consommation du produit brute et les réactifs et en évitant des arrêts fréquents de l'unité de recyclage des produits finis.

Ce travail nous a permis de nous approcher au mieux des analyses rhéologiques et physico-chimiques de la bentonite et de nous informer des conséquences sur la production.

D'après l'interprétation des graphes obtenus à partir des expériences faite au niveau de laboratoire de l'unité BENTAL, on constate que la diminution de la viscosité et l'augmentation de volume filtrat et due à l'augmentation du temps de séchage dans le four ainsi l'augmentation brusque de la température. Ceci permet de conclure que le problème de la dégradation de la qualité de la bentonite dû au changement des paramètres température et temps de passage de produit brute dans le four, Cette chute d'efficacité rendre la viscosité jusqu'à une valeur minimale de 14Cp.

Après l'analyse chimique par IFR nous avons remarque l'apparition des vibrations d'allongement de la liaison des groupements O-H, des vibrations de valence de la liaison

Si-O, vibration d'élongation des liaisons C-O, et vibrations de valence (allongement) de la liaison O-H de l'eau, Ceci permet de conclure que l'analyse de IFR n'a pas indique la dégradation de la bentonite.

Enfin pour éviter la dégradation de la qualité de la bentonite, il faut faire d'autre analyses chimique qui permet de déterminer d'autre paramètres se basant sur l'analyse chimique microscopique, et on recommandant de diminué le temps de séchage du brute dans le four et de travailler à des températures comprise en 100 °C et 110 °C pour améliorer la qualité de la bentonite.

# **Références bibliographiques**

[1] **Fiche Technique** : Présentation de l'unité BENTAL.

[2] **BOUGDAH N. , 2007.** ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, Université 20 Août 55, Skikda .P 30.

[3] **BOUGDAH N. , 2007.** ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, Université 20 Août 55, Skikda .P 33-P 34-P 35.

[4] **BOUGDAH N. , 2007.** ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, Université 20 Août 55, Skikda .P 38.

[5] **BOUDJEMAA S. , 2011.** Préparation et caractérisation du Vox supporté sur la Bentonite intercalée au chrome. P 11.

[6] **BOUGDAH N. , 2007.** ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, Université 20 Août 55, Skikda .P 39.

[7] **CHIKHI KH., 2013.** ADSORPTION DU ZINC SUR LA BENTONITE DE MAGHNIA mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, université kasdi merbah Ouargla.P 6.

[8] **BOUGDAH N. , 2007.** ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, Université 20 Août 55, Skikda .P 40-P 41.

[9] **BOUGDAH N. , 2007.** ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, Université 20 Août 55, Skikda .P 42.

[10] **N. SEGHAIRI, M. KOUSSA, S. ACHOUR., 2004.** EFFET DE L'ACTIVATION CHIMIQUE DE LA BENTONITE SUR L'ADSORPTION DE SUBSTANCES HUMIQUES EN EAUX DE MINERALISATION VARIABLE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme l'Ingénieur Université de Biskra B.P. 145, R.P, 07000, Biskra, Algérie. P 88.

- [11] **BOUGDAH N. , 2007.** ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, Université 20 Août 55, Skikda .P 40.
- [12] **CHIKHI KH., 2013.** ADSORPTION DU ZINC SUR LA BENTONITE DE MAGHNIA mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, université kasdi merbah Ouargla.P 33.
- [13] The Angry Mermaid Award is organised by ATTAC Denmark, Corporate Europe Observatory, Focus on the Global South, Friends of the Earth International, Oilchange International and Spinwatch. [This site was developed by Erik Wesselius, using Drupal 6.](#)
- [14] « <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Viscosité&oldid=103200111> ».
- [15] Copyright ©2008 Nicolas JOUVE. Tous droits réservés. / Email AZprocede\_orange.fr
- [16] Mansri A., 2011. VANADIUM SUPPORTE SUR MONTMORILLONITE INTER CALEE AU TITANE V/TI -PILC: PREPARATION, CARACTERISATION ET REACTIVITE EN EPOXYDATION DU CYCLOHEXENE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme master, Université abou - bakr belkaid - tlemcen . P 16- P 17.
- [17] **Frédéric B., 2001.PRISE EN COMPTE DU GONFLEMENT DES TERRAINS POUR LE DIMENSIONNEMENT DES REVÊTEMENTS DES TUNNELS** mémoire de fin d'étude pour obtenir le grade de docteur de l'école nationale des ponts et chaussées . p14.
- [18] **Hade A., 2002.** *Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger.* Éditions Fides, 360 p. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [www.mddep.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/lacs.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/lacs.htm) .**Landry et al., 1992.** Notions de géologie,

# **Annexes**

## Annexe01 : Plan de contrôle.

activité	origine	Point de prélèvement	Fréquence moyenne	Délai de réponce	auteur	Type d'analyse										
						H2O	Visc L600	L300	v.Fil	Rés □ 75 μ	Rati	R100	cpv	C*x	IG	Ph
recherche	Sondage tarière	Tout tariere	Selon demande	48 pour lot de 10 echantillons	Géologue	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Puits de sondage	puit	//			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	rainure	La rainure	//		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Exploitation	Tout venant stocké	stock	//	24 h	Responsable exploitation	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tout venant extrait	Front de taille	//	24 h		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tout venant transporté	camion	1/3 rotations	24 h		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Traitement	Tout venant traité	skip	1/ poste	24 h	Technicien laboratoire	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Produit fini	ensacheuse	Chaque poste	24 h		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verification des analyses	Produit fini	Echantillon palettes	1 à 4 par poste	24 h	Technicien laboratoire	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Contrôle avant livraison	Produit fini	Stock FB2	Avant livraison FB2	24 h	commercial	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Contrôle interne	Produit fini	Echantillon palettes	09/ moins mini	24 h	Technicien laboratoire	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Contrôle des réactifs	réactif	Stock réactif	Chaque entrée	03 h	Chef see labo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

**Annexe 02 : plan de contrôle : Exigences.**

Produit		Paramètres requis										
		H2O	Visc L600	v.Fil	Rés □ 75 μ	Rati	R100	cpv	C*x	IG	Ph	Test nitrate
Tout venant	FB1	25 max	12 mini	27 max	25 max	/	/	/	/	/	/	/
	FB2	25 max	16 min	15 max	15 max	/	/	/	/	/	/	/

--

	FD	20 max	/	/	/	/	/	350 min	90 mini	10 mini	/	/
	FCI	18 max	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Produit fini	FB1	13 max	20 min	20 max	0.6max	/	94 min	/	/	/	/	/
	FB2	13 max	30 min	16 max	2.5 max	0.6 max	/	/	/	/	/	/
	FD	10 max	/	/	/	/	/	400 min	90 mini	11 mini	/	/
	DCI	07 max	/	/	15 max	/	95 min	/	/	/	/	/
réactifs	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	01 max	/	/	/	/	/	/	/	/	10 mini	/
	MgO	01 max	/	/	/	/	/	/	/	/	10 mini	/
	EAU distillée	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	claire

### Annexe 03 : Attribution des bandes de vibration infrarouge de l'argile

Brute.

<b>Bandes IRTF caractéristique en (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Liaison et nature de vibrations</b>
3620.1	v O-H vibrations d'élongation
3462.0	H-O-H vibrations de déformation
1637.5	H-O-H vibrations de valence
1458.1	vC-O vibration d'élongation
914.2	δ Al-Al-OH liaison de déformation
848.6	δ Al-Mg-OH liaison de déformation
794.6	Quartz.
507.2	δ Si-O-Al vibrations de déformation

### Annexe 04 : Bandes caractérisation de la bentonite de Maghnia purifiée.

<b>Bandes IRTF caractéristique en (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Liaison et nature de vibrations</b>
3620.1	v O-H vibrations d'élongation
3421.5	δ H-O-H vibrations de déformation
1635.5	v H-O-H vibrations de valence
1037.6	v Si-O-Si vibrations de valence dans le plan
914.2	δ Al-Al-OH liaison de déformation
840.9	δ Al-Mg-OH δ liaison de déformation
779.2	δSi-O vibrations de déformation
520.7	δ Si-O-Al vibrations de déformation