



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^{elle} : Safi Saliha

**Etude du comportement 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^{elle} Belayachi .H Université de Mostaganem

Examineur : M^{er} KADIA MAB Université de Mostaganem

Rapporteur : M^{er} Belhakem .A Université de Mostaganem

Co-rapporteur : M^{er} Sekmeche. M Master GC (DOCTORANT) Université de Mostaganem

Remerciements

Nous remercions DIEU pour la science qu'il nous a enseignée et la patience qu'il nous a
Donnée.

Nous avons le plaisir de remercier :

Notre encadreur M^r **Belhakem .A**, pour son encadrement bienveillant, ses critiques toujours constructives, sa simplicité et sa disponibilité, il a été notre soutien moral et notre mentor, nous avons souvent été découragés, tendus fatigués prêts à jeter l'éponge mais vous étiez là à nous encourager et à nous pousser à relever le défi. Merci.

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 remercie Aux membres de jurés qui nous ont fait l'honneur d'examiner notre travail.

Ce travail a été réalisé au laboratoire de société BANTAL et laboratoire Structure Elaboration et Application des matériaux moléculaires (S.E.A.M.M) dirigé par M. le professeur M. Belhakem.

Je remercie M^{eme} bourahla sarah ,M^{elle} Hasnia , M^{eme} Fatiha et Monsieur Yassine ,Manade ,Abdelkader , Amine, Mahfoud dans toute la durée de mon stage

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.

DEDICACE

Tout d'abord je dois rendre le bon Dieu de m'avoir

Aider à arriver jusqu'à ce niveau d'études,

Et de réaliser Modeste travail, que je dédie :

A mes très chers parents, et que Dieu le tout puissant les

Garde en bonne santé A mes frères Abed, Ahmed, Salah

DIN,

Et mes sœurs Mahdjouba, Nawal, Aïda, Wesame, Hadil,

Amîna ,Fairouze et Rouà

A toute la famille Safi

A tous mes amis surtout Hasnia.

A toute la promotion de chimie 2013-2014.

En fin à toutes personnes qui m'ont soutenu et aidé à

Réaliser ce travail.

Salîha

Liste des tableaux

Tableau N° 01 : Capacités installées par étape.....	9
Tableau N° 02 : Caractéristiques des argiles.....	16
Tableau N° 03 : Composition chimique de l'argile brute (M'zila).....	17
Tableau N° 04 : Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite d'Algérie.....	20
Tableau N° 05: Dosage des échantillons par Na_2CO_3 variable et MGO constant.....	28
Tableau N° 06: Dosage des échantillons par MGO variable et Na_2CO_3 constant.....	28
Tableau N°07 : activation Na_2CO_3 variable de la premier semaine.....	36
Tableau N°08 : activation Na_2CO_3 variable de la 2 ^{ème} semaine.....	37
Tableau N°09 : activation Na_2CO_3 variable de la 3 ^{ème} semaine.....	38
Tableau N°10 : activation Na_2CO_3 variable de la 4 ^{ème} semaine.....	39
Tableau N°11 : activation MGO variable de la 1 ^{ère} semaine.....	40
Tableau N°12 : activation MGO variable de la 2 ^{ème} semaine.....	41
Tableau N°13 : activation MGO variable de la 3 ^{ème} semaine.....	42
Tableau N°14 : activation MGO variable de la 4 ^{ème} semaine.....	43
Tableau N° 15 : Viscosité L600(CP) des échantillons avec la variation de Na_2CO_3	44
Tableau N° 16: viscosité L600(CP) des 'échantillons par variable MgO à chaque semaine...45	
Tableau N° 17: Viscosité L600(CP) et volume filtrat (ml) des échantillons avec la variation de Na_2CO_3	47
Tableau N° 18: Viscosité L600(CP) et volume filtrat (ml) des échantillons avec la variation de MgO.....	48
Tableau N°19: Viscosité L600(CP) de l'échantillon d'usine avec le dosage d'usine.....	49
Tableau N°20: les fréquences IRTF des vibrations des liaisons de del'usine de Mostaganem.....	5
1	
Tableau N° 21 : les fréquences IRTF des vibrations des liaisons de la variable Na_2CO_3	52
Tableau N° 22: les fréquences IRTF des vibrations des liaisons de la variable MgO.....	53

LISTE DE FIGURES

Figure N° 01 : Vue générale de l'Algérie du Nord.....	6	Figure N°
02: Situation du gisement par rapport à l'unité de Mostaganem.....	6	
Figure N° 03 : Vue générale du Gisement de M'Zila.....	7	
Figure N° 04 : Unité Bental – Mostaganem.....	7	
Figure N° 05:Process de Traitement de la Bentonite.....	8	
Figure N° 06 : Chargement de la trémie d'alimentation par engin multifonction.....	9	
Figure N° 07 : Concassage.....	11	
Figure N° 08 : Séchage.....	12	Figure N°
09 : Broyage.....	13	
Figure N°10 : Ensachage.....	13	
Figure N°11:Le tétraèdre, élément structural de base des silicates.....	15	
Figure N°12: Réseau hexagonal plan des tétraèdres des phyllosilicates.....	15	Figure
N°13 : Couche octaédrique.....	15	
Figure N°14 : Photographies au Microscope Electronique à Balayage des argiles.....	16	
Figure N°15 : Structure de la montmorillonite.....	19	
Figure N°16 : Domaines industriels d'utilisation des bentonites.....	20	
Figure N°17 : mesure de la viscosité.....	21	
Figure N°18 : suspension de bentonite	22	
Figure N°19 : Appareil de filtrat (filtration).....	22	
Figure N° 20 : l'indice gonflement.....	23	
Figure N°21 :PH-mètre.....	24	Figure
N°22: (a) Appareil de l'infrarouge, (b) Pastilleuse.....	25	
Figure N° 23: Schéma d'un FTIR.....	25	
Figure N°24: Concasseur.....	26	
Figure N°25: Méthode de pesé.....	27	
Figure N°26: Activation.....	27	
Figure N°27: Malaxage.....	27	
Figure N°28: Boudinage.....	28	
Figure N°29: Séchage.....	29	
Figure N°30: Broyeur.....	29	
Figure N°31 : Tamisage.....	29	
Figure N°32: Produit fini.....	29	
Figure N°33: Méthode de pesé.....	30	
Figure N°34: Agitation.....	30	

Figure N°35: protocole Après vieillissement de 16 h.....	30
Figure N°36: mesure la viscosité.....	31
Figure N°37: Verser la suspension dans cellule de filtre.....	31
Figure N°38: Filtration.....	31
Figure N°39: Volume de l'indice gonflement.....	31
Figure N°40: mélange.....	33
Figure N°41: Broyeur.....	33
Figure N°42: Pastilleuse.....	34
Figure N°43: Une pastille.....	34
Figure N°44: Pastille KBr.....	34
Figure N°45: Appareil IR.....	34
Figure N°46: diminution de la viscosité dans le temps pour chaque dosage (Na_2CO_3 variable).....	44
Figure N°47: diminution de la viscosité pour chaque échantillon.....	44
Figure N°48: augmentation de la viscosité dans le temps pour chaque dosage (MGO variable).....	45
Figure N°49: l'évolution de la viscosité dans le temps.....	46
Figure N°50: diminution de volume de filtrat en fonction la viscosité.....	47
Figure N°51: diminution de volume de filtrat en fonction la viscosité.....	48
Figure N°52: évolution de la viscosité dans le temps.....	49
Figure N°53: Spectre IR d'échantillon l'usine de Mostaganem brute.....	50
Figure N°54 : Les spectres IR des échantillons variable Na_2CO_3 de Mostaganem brute.....	51
Figure N°55 : Les spectres IR des Échantillons variable MgO de Mostaganem brute.....	52

Ha :hectare.

T :tonne.

H : heure.

MPa:Mili pascale.

V.FIL: volume de filtrat.

Cp : Centi poise.

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

Mesure en μm = 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.

SOMMAIRE

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations et Terminologie	
INTRODUCTION	1
CHPITRE I : Présentation de l'unité BENTAL.....	3
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.....	9
7. Procède de traitement	10
7-1.Alimentation et mélange des adjuvants	10
7-2. Concassage.....	11
7-3.Séchage.....	12
7-4. Broyage.....	13
7-5.Ensachage	13
CHPITRE II: Généralité sur la bentonite	14
I-Introduction.....	14
II-1.Les argiles.....	14
II-2. Propriétés des argiles	16
II-3. Les propriétés physico – chimiques des argiles.....	17
III-1. Les bentonites.....	17
III-2. Origine de la bentonite.....	18

III-3. Type de la bentonite.....	18
III-3.1. Bentonites naturelles.....	18
III-3.2. Bentonites activées.....	18
III-4. Structure de la bentonite.....	18
III-5. Application de la bentonite.....	19
III-6. La bentonite en Algérie.....	20
CHPITRE III: Méthodes d'analyses.....	21
1- INSTITUT AMRICAN DU PETROLE.....	21
2-Définition de la viscosité.....	21
3-Filtrat.....	22
4-L'indice de gonflement.....	22
5-Mécanismes de gonflement.....	23
6-Le pH.....	23
7-Infrarouge à transformée de Fourier (FITR).....	24
7-1.Principe.....	24
7-2.Appareillage.....	24
8-L'humidité.....	25
CHPITRE IV : Etude de vieillissement de la bentonite de Mostaganem.....	26
L'étude expérimentale.....	26
1-But.....	26
2- Principe.....	26
3-Matériels utilisés.....	26
4-Produits utilisés.....	26
4- 1.pH des réactifs.....	26
5-Mode Opérateur.....	26
6- Protocole analyse rhéologique.....	30
6-1. Mesure la viscosité.....	30
6-2.Perte au Filtrat	31
6-3.Mesure de l'indice gonflement.....	31
6-4.Mesure de l'humidité.....	32
7-Carbonate de soude et magnésie.....	32
7-1.Mesure de l'humidité.....	32
7-2. Mesure du pH.....	32
8- Protocole FTIR.....	33
8-1.Matériel et produit utilisées	33
8-2 .Préparation de l'échantillon en pastille de KBr.....	33

8-3.Acquisition des spectres d'absorption FTIR.....	34
Résultats et Discussions.....	36
I- Résultats d’analyses rhéologiques.....	36
I-1. Résultats d’analyse des échantillons (activation Na_2CO_3 variable).....	36
I-2.Résultats d’analyse des échantillons (activation MGO variable).....	40
I-3.Calcul l’humidité de Na_2CO_3 et MgO.....	43
I- 4. Etude de la viscosité	44
4-1.Discussions 01.....	45
4-2.Discussions 02.....	46
I-5.Etude de Filtrat	47
5-1.Discussions03.....	48
6-Discussions 04.....	49
II-Résultat des analyses chimique : Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).....	50
II-1.Discussions 05.....	53
CONCLUSION GENERALE.....	54
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXE	

Introduction :

Les matériaux argileux présentent un intérêt certains dans différents domaines industriels. Ainsi notre travail consiste à étudier l'influence de certains paramètres sur la qualité et les propriétés physico-chimiques des argiles type Bentonite. 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.

Les minéraux argileux comprennent tous les phyllosilicates ainsi que des espèces d'une structure assez semblable aux phyllosilicates mais de caractéristiques physicochimiques 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 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 (\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}, \text{K}) n\text{H}_2\text{O}$, ils sont de structure fine et de haute plasticité.

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 (vois annexe).

L'unité BENTAL a reçu plusieurs réclamations des clients après la commercialisation du produit et ceci due à la dégradation de la qualité de la bentonite dans quelque mois.

Ainsi notre travail consiste à étudier l'aveulissement et les propriétés physico-chimiques de la bentonite de Mostaganem.

Le travail consiste en un traitement conventionnel des bentonites à l'état brute. Sur chaque échantillon on a prélevé 50g de tout venant à laquelle on ajout de Na_2CO_3 et de MgO , à ce mélange L'étude de l'influence des concentrations des ajouts MgO et Na_2CO_3 , sur la structure et la texture des bentonites, on a jouté 15 ml de H_2O 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 comportement (vieillessement) de 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 du 06 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 : 6200m² 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, répartis en :

- cadre 24.
- Maîtrise 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 vacances 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

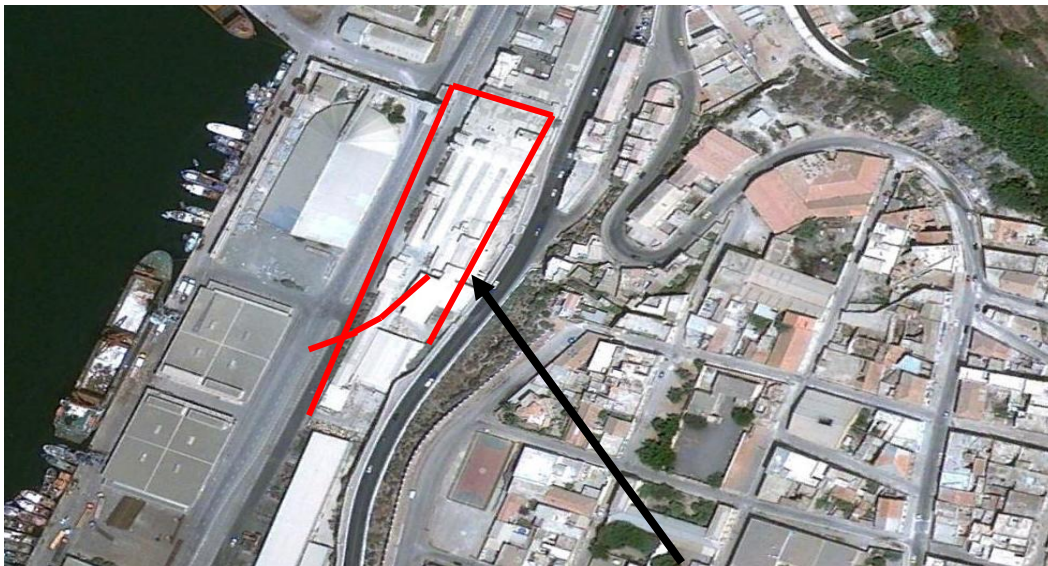


Figure N° 04 : Unité Bental - Mostaganem

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 (Na_2CO_3) et à la magnésie (MgO).
- Séchage.
- Broyage et ensachage.

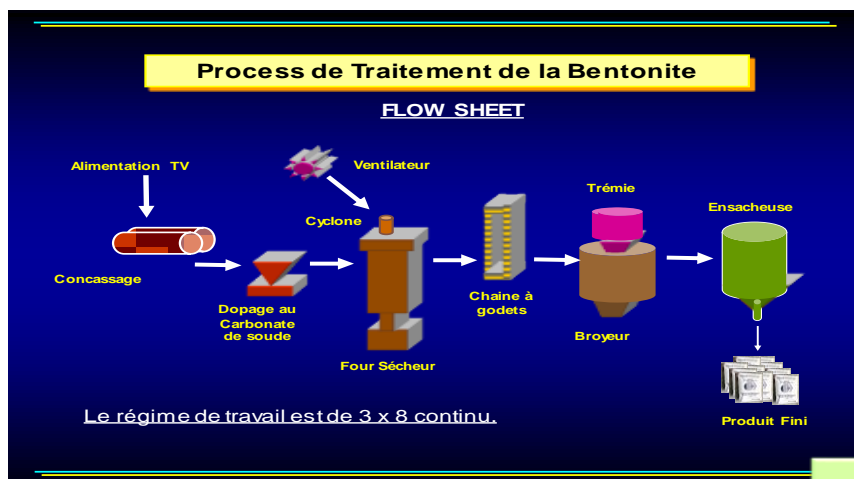


Figure N° 05: Process de Traitement de la Bentonite

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 3x8.

6-4 Capacités installées par étape :

Tableau N° 01 : Capacités installées par étape :

Équipement	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 :

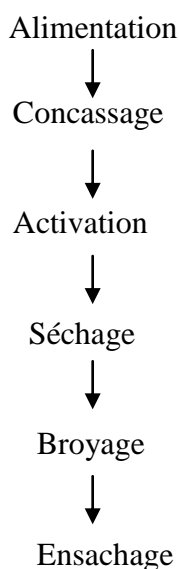
Contenu de l'état vétusté des équipements, les interventions deviennent de plus en plus fréquentes. De plus, l'acquisition de pièces de rechange importantes et spécifiques prend de plus en plus de temps et revient plus chère.

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 sécheurs 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 :

7- Procède de traitement :



7-1. 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^{ème} tiers de tout venant et une couche d'adjuvants, suivis d'un 3^{ème} tiers de tout venant et d'une couche d'adjuvants.

Stade alimentation & activation :



Figure N° 06 : Chargement de la trémie d'alimentation par engin multifonction

7-2. Concassage : le skip circule sur rails (3) et s'élève pour déverser la bentonite

Brute et les adjuvants dans la trémie d'alimentation (4), 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 : Concassage

7-3.Séchage : le produit concassé passe, par gravité à travers une goulotte de déversement du concasseur au sécheur horizontal rotatif (8), alimenté en chaleur en souterrain par la chambre de combustion (9). 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 : Séchage

7-4. Broyage : une fois déversé dans la deuxième chambre de réception 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 broyeur (12).

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



Figure N° 09 : Broyage

7-5.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

I. Introduction :

L'argile qui fait l'objet de notre travail est connue sous le nom de "*bentonite*". Elle désigne généralement une poudre minérale constituée essentiellement de l'argile de montmorillonite (famille des smectites). Dans leur état naturel, la plupart des gisements de bentonite sont hétérogènes ; ils sont constitués de smectites mélangées ou interstratifiées avec l'illite et/ou la kaolinite et d'autres impuretés. La bentonite est largement utilisée dans de nombreux secteurs industriels (pharmacie, cosmétique, chimie, génie civil, agroalimentaire ...). Elle est utilisée sous forme pâteuse ou à l'état de poudre pour la réalisation de barrières étanches pour les déchets industriels et ménagers (géomembranes bentonitiques) et les déchets radioactifs (barrières ouvragées ; poudre compactées). A l'état liquide, la boue de bentonite se définit comme une suspension eau-argile. [2]

Dans ce chapitre, nous présentons, en premier lieu, la structure et les propriétés des matériaux argileux en général, afin de mieux distinguer les spécificités des smectites ainsi que la montmorillonite. Cette famille d'argile est la composante majeure de la bentonite commerciale utilisée dans le présent travail. Cependant, il convient de souligner qu'une bentonite peut être composée de smectites mélangées ou interstratifiées avec l'illite et/ou la kaolinite. On note que ces dernières sont moins abondamment traitées dans la littérature que les smectites et les montmorillonites et aux modes d'associations entre les particules dans le système bentonite-eau.

II-1.les argiles :

Les argiles sont des produits de décomposition des roches siliceuses, par désagrégation

Physique et mécanique puis par altération chimique. Les argiles représentent 82% des roches sédimentaires provenant de la décomposition lente des minéraux primitifs tels que : feldspath, micas, amphiboles, pyroxène et constituant donc l'essentiel du complexe d'altération.

Les particules d'argiles sont généralement très petites ($< 2\mu\text{m}$) elles sont composées de silicates hydratés d'aluminium et partiellement de magnésium... se présentant sous différentes formes qui peuvent être regroupées en :

- Kaolinite
- Illites
- Montmorillonite (Smectite) Ce sont des silicates lamellaires ou phyllo silicates qui résultent de l'empilement de deux formes minéralogiques de base, les feuillets tétraédriques et les feuillets octaédriques.

a) Les feuillets tétraédriques :

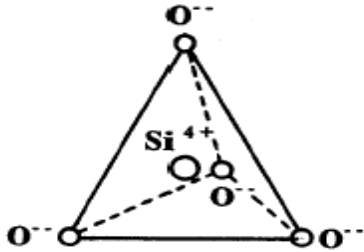


Figure N°11: Le tétraèdre, élément structural de base des silicates

Sont composés de tétraèdre SiO_4 , avec leur base dans un même plan, pointant leur sommet du même côté et formant un réseau plan d'anneaux hexagonaux, ces feuillets sont chargés négativement

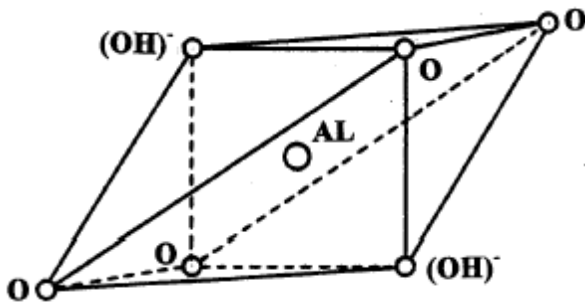


Figure N°12: Réseau hexagonal plan des tétraèdres des phyllosilicates

b) Les feuillets octaédriques :

Sont composés d'octaèdre $\text{Al}(\text{OH})_6$ (ou éventuellement de $\text{Mg}(\text{OH})_6$) formant également un réseau d'anneaux octogonaux. Ces feuillets de gibbsite ou de brucite sont neutres électriquement

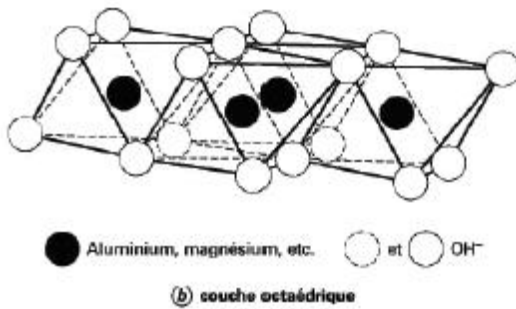
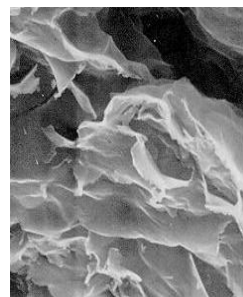
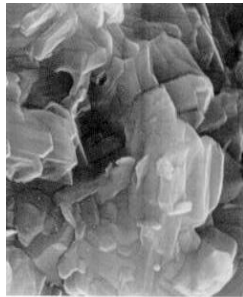
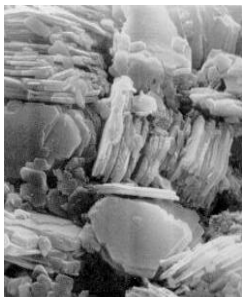


Figure N°13 : Couche octaédrique[3]

Tableau N° 02 : Caractéristiques des argiles

Nom	Type	Nombre de feuillets par particule	Diamètre d'une particule (μm)	Epaisseur d'une particule (μm)	Surface spécifique en m^2/g	C.E.C. en meq/100g
Kaolinite	1:1	100 - 200	0,1 - 4	1 - 10	10 - 20	3 - 15
Illite	2:1	1 - 10	0,1 - 1	0,003 – 0,01	65 - 100	10-40
Montmorillonite (smectite)	2:1	1	0,1	0,001	700 - 840	80 - 150
Chlorite	2:1:1	1	0,1	0,005	800	10-40



Kaolinite

Illite

Montmorillonite

Figure N°14 : Photographies au Microscope Electronique à Balayage des argiles

II-2. Propriétés des argiles :

Les propriétés bien particulières des minéraux argileux sont dues à la petite taille, la structure en feuillets et la charge négative des particules. Elles forment avec l'eau des solutions colloïdales qui flocculent lorsque les charges de surfaces des particules sont neutralisées par des ions. Ce phénomène est réversible : les particules retrouvent l'état dispersé lorsque les ions sont éliminés par rinçage. Les argiles fixent l'eau par adsorption à leur surface et augmentent de volume par gonflement. Elles constituent ainsi une réserve d'eau. L'argile sèche développe une tension de succion importante pour l'eau qui peut s'opposer à celle des racines des plantes. Avec adjonction croissante d'eau, la tension d'extrusion diminue, l'ensemble eau- argile devient plastique, puis visqueux et finalement les particules d'argiles se dispersent dans l'eau en formant une solution colloïdale. L'argile imprégnée d'eau qui se dessèche se rétracte et se casse par des fentes de retrait.

La bentonite se disperse facilement dans l'eau. On obtient une suspension dont les propriétés sont en fonction des caractéristiques suivantes:[4]

Tableau N° 03 : Composition chimique de l'argile brute (M'zila)

élément	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	TOTAL	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
%	69.36	14.93	3.97	2.11	0.44	0.14	1.55	2.08	94.58	4.64

II-3. Les propriétés physico – chimiques des argiles :

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. [5]

III-1. Les bentonites :

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 (Si⁴⁺, Al³⁺, Fe³⁺, Fe²⁺, Mg²⁺) se logent dans les cavités des tétraèdres et des octaèdres.

Les bentonites sont des silicates d'alumine hydratés appartenant au groupe des Montmorillonites de formule brute :

Si₄ (Al (2-x) Rx) (O₁₀, H₂O) (Cex, nH₂O) ou Si₄ (Al (2-x) Rx) (H₂O) n avec :

- R = Mg, Fe, Mn, Zn, Ni

- Ce (cations échangeables) = Ca, Na, Mg.[6]

III-2. Origine de la bentonite :

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). [7]

III-3.Type de la bentonite

III-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

III-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.[8].

III-4. Structure de la bentonite :

La montmorillonite $(OH)_4 Si_8(Al_{10/3}, Mg_{2/3}) O_{20}, nH_2O$, (Figure N°1.2) est le constituant principal de la bentonite. C'est un phyllosilicate 2 :1 (famille de smectites) dans lequel la charge négative de la couche est électriquement équilibrée par une charge égale, des cations échangeables (Ca, Mg, H⁺, K⁺, NH⁺ et Na⁺) situés principalement entre ces couches silicates ; ces cations ne font pas partie de la structure et garde une certaine mobilité.[9]

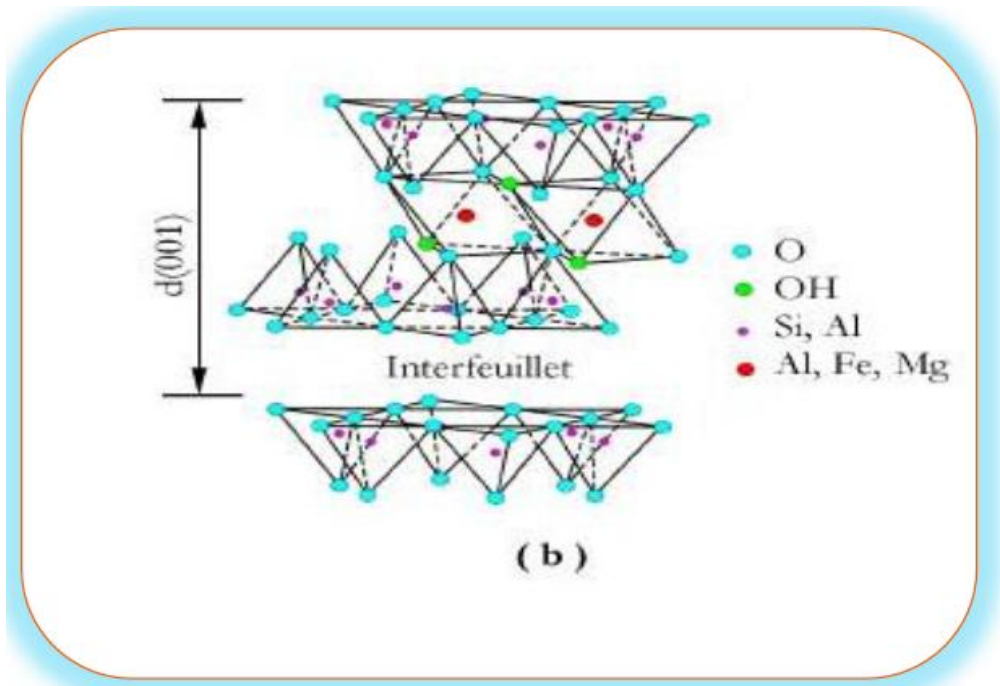


Figure N°15 : Structure de la montmorillonite.

III-5. Application de la bentonite :

Les bentonites ont de larges applications dans différents domaines (forage, fonderie, céramique, peinture, pharmacie, terres décolorantes,..., etc.). La majeure partie de la bentonite exploitée dans le monde est utilisée comme liant du sable de moulage, dans l'industrie de la fonderie et aussi pour épaissir les fluides de forage. [10]

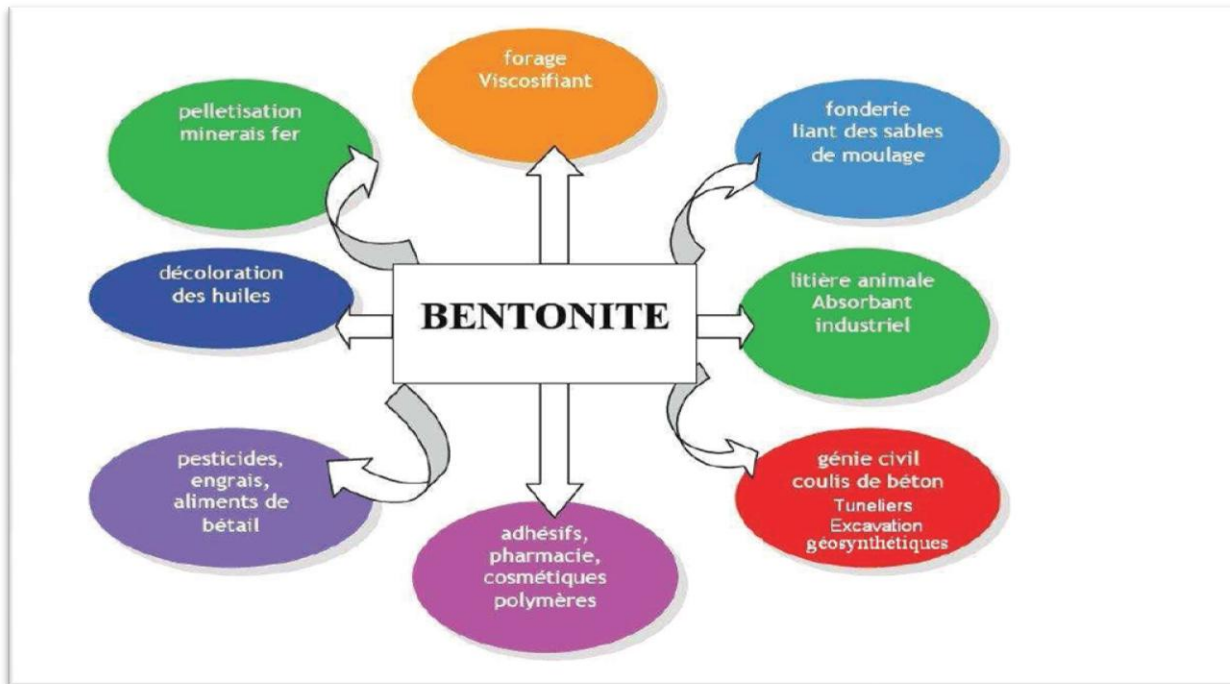


Figure N°16 : Domaines industriels d'utilisation des bentonites

III-6. La bentonite en Algérie :

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 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.[11]

Tableau N° 04 : Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite d'Algérie

Bentonites	Surface spécifique (m ² /g)	pH	Cation échangeable (m ^{éq} /100g)			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Mostghanem	65	9.1	46,7	8,1	7,8	6
Maghnia	80	6.2	30,6	12,8	36,2	9,5

1-L'AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE(Institut American du Pétrole) :

(API) est l'un des 600 organismes de normalisation présents aux États-Unis. Celui-ci regroupe les industriels américains du gaz et du pétrole. L'institut se prononce sur des questions comme l'exploitation de gisements minéraux, la consommation de pétrole, les taxes, le commerce, l'environnement et la sécurité. Un domaine important est l'élaboration de directives et normes techniques. L'influence de l'API va bien au-delà des États-Unis. Les lignes directrices techniques émis par l'API sont relativement complexes et exigeants. Les lignes directrices seront élaborées non par des institutions indépendantes, mais par des spécialistes des entreprises industrielles dans l'association. D'autres lignes directrices traitent de la conception des machines, des navires de transport du pétrole, de la maintenance des équipements et la mise en œuvre des dispositifs de sécurité.

L'API a dépensé plus de 3 500 000 \$ par an depuis 2005 en lobbying, avec un maximum de 7 320 000 \$ en 2009. En outre, l'API organise des séminaires et des programmes de formation pour les travailleurs de l'industrie, développe et distribue du matériel pour les écoliers et les enseignants.

L'API produit aussi l'indiceAPI de caractérisation de la fluidité des pétroles bruts. [12]

2-Définition de la viscosité :

L'eau, l'huile, le miel coulent différemment : l'eau coule vite, mais avec des tourbillons ; le miel coule lentement, mais de façon bien régulière.

La viscosité (du latin viscum, gui) 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. [13]



Figure N°17 : mesure de la viscosité

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 : (i) l'une supposant une perméabilité constante et (ii) 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.

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux.

Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent en surface et dans la masse filtrante. [14]



Figure N°18 : suspension de bentonite



Figure N°19 : Appareil de filtrat (filtration)

4-L'indice de gonflement :

L'indice de gonflement traduit l'importance de la déformation de gonflement induit par un déchargement par rapport à un état de contraintes donné.

La déformation de gonflement est obtenue au bout d'un temps infini, déduction faite des déformations instantanées dues aux variations de charge. Le phénomène du gonflement des argiles c'est un phénomène qui a été étudié mais qu'ils n'ont pas encore trouvé des résultats satisfaisants et qui ne convergent pas non plus vers un résultat unique. [15]



Figure N° 20 : l'indice gonflement

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 interparticulaire 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.

En dehors de ce cas particulier, qui définit les argiles dites "gonflantes", le gonflement est interarticulaire, c'est-à-dire que l'eau ne pénètre pas à l'intérieur des particules d'argiles. Ce gonflement interarticulaire, contrairement au gonflement inter foliaire, a une ampleur assez limitée, mais affecte toutes les argiles. [16]

6-Le pH :

Le pH mesure l'acidité d'un liquide. Sa valeur s'exprime sur une échelle graduée de 0 à 14.

Un PH-mètre est constitué d'une sonde reliée à un voltamètre. Il permet de mesurer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution aqueuse. [17]

Le pH est une grandeur sans unité qui exprime le caractère acide ou basique d'un produit.

Suivant la valeur de ce pH, le produit est acide, neutre ou basique. Il y a donc trois domaines de valeur du pH :

- Si le pH est inférieur à 7, la solution est acide.
- Si le pH est 7, la solution est neutre.
- Si le pH est supérieur à 7, la solution est basique. [18]



Figure N°21 :PH-mètre

7-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.

7-1.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).

7-2.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 cm^{-1} et 4000 cm^{-1} . [19]

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



Figure N°22: (a) Appareil de l'infrarouge, (b) Pastilleuse

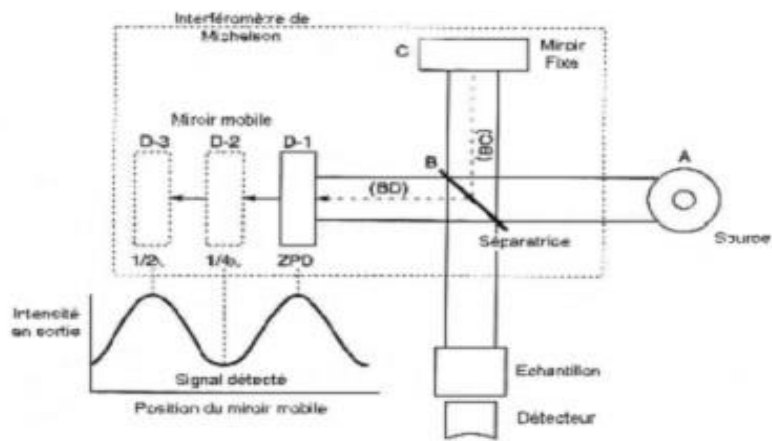


Figure N° 23: Schéma d'un FTIR

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.

Le terme humidité utilisé dans le langage de la construction correspond à une présence anormale d'eau dans un bâtiment. Celle-ci peut être sous forme de liquide, de vapeur d'eau ou de remontée capillaire.

❖ *L'étude expérimentale :*

1-But :

Préparation de produit fini à partir de tout venant de recherche et faire des analyses rhéologiques sur le produit fini pour déterminer sa orientation, qualité et leur dégradation dans le temps avec des variations de dosage de carbonate de sodium et magnésium oxyde .

2-Principe :

A partir des résultats d'analyse ; mesure de viscosité, indice de gonflement, perte au filtrat, on peut savoir l'orientation par type de produit selon les normes notées sur le tableau, par exemple si la viscosité est supérieur à 12 Cp on orient notre produit fini au forage.

3-Matériels utilisés :

Concasseur, Etuve, viscosimètre, éprouvette graduée (50 et 100 et 500 ml), tamis 100 mèches (149 μ), broyeur, agitateur, Appareil de filtrage lié un générateur de pression réglé à 1 bar, balance, pilon, mortier traditionnel, PH-mètre

4-Produits utilisés :

Argile de recherche TV de forage (FB2), Na₂CO₃, MgO, l'eau distillée, l'eau de robinet

4- 1.pH des réactifs :

Na₂CO₃ =10 ,75

MgO =12 ,17

5-Mode Opérateur

Ce mode opératoire a pour objet de décrire les méthodes d'analyses effectuées au niveau du laboratoire afin d'assurer que les produits fabriqués ou achetés satisfont aux exigences spécifiées.

La préparation s'effectue au laboratoire de l'unité BENTAL selon le Protocol suivant :

- **Concassage du tout venant .**



Figure N°24: Concasseur

- On prend 08 d'échantillon ,50 g à chaque échantillon.



Figure N°25: Méthode de pesé

- **Mesure du taux d'humidité initiale, puis humidification du T.V.**

$$\text{Humidité} = 100 * (10 - 9.08) / 10 = 9.2\%$$

$$H = 9.2\% \leq 25\%$$

- **Dosage, Malaxage et pétrification à l'eau dans le pilon.**

Calculer la quantité d'eau à ajouter :

$$0,8 \times (28 - \text{taux humidité initiale})$$

$$0.8 * (28 - H) = 0.8 (28 - 9.2) = \mathbf{15.04 \text{ ml}}$$

- **Activation à la carbonate :** la quantité de carbonate à ajouter est égale à :

$$2.5/100 \times (50 + \text{taux d'humidité initiale})$$

$$2.5/100 * (50 + 15.04) = \mathbf{1.625g}$$

Le dosage est variable pour chaque échantillon (voir tableau N°05 et N°06)



Figure N°26: Activation



Figure N°27: Malaxage

Tableau N°05 : Dosage des échantillons par Na₂CO₃ variable et MGO constant :

Echantillons	Na ₂ CO ₃ (g)	MGO(g)
Echantillon (0%)	///	0.625
Echantillon I (2%)	1.6	0.625
Echantillon II (3%)	2.4	0.625
Echantillon III (4%)	3.2	0.625
Echantillon IV (5%)	4	0.625
Echantillons de l'usine (produit final)	Dosage de l'usine	Dosage de l'usine

Tableau N° 06 : Dosage des échantillons par MGO variable et Na₂CO₃ constant :

Echantillons	Na ₂ CO ₃ (g)	MGO(g)
Echantillon 01 (0.4%)	1.6	0.32
Echantillon 02 (0.5%)	1.6	0.4
Echantillon 03 (0.7%)	1.6	0.6
Echantillon 04 (1%)	1.6	0.8

NB : le dosage MGO est le ¼ de dosage Na₂CO₃

- **Boudinage de la pâte obtenue .**



Figure N°28: Boudinage

- **séchage à l'étuve à 110°C**



Figure N°29: Séchage

- **Broyage au pilon**



Figure N°30: Broyeur

- **Tamissage sur un tamis 100 mèches (149μ)**



Figure N°31 : Tamisage

- Mettre les échantillons en sec pour les analyses et faire les différentes analyses rhéologiques (viscosité, IG, filtrat,...).



Figure N°32: Produit fini

Pour chaque échantillon on fait des analyses, une fois par semaine dans l'immédiat et après 16h dans Laboratoire de l'unité BENTAL, en suite on fait leur caractérisation avec IFR dans laboratoire d'INESS de MOSTAGANEM.

6- Protocol analyse rhéologique :

6-1.Mesure la viscosité

- ✓ L600 et L300 à chaque échantillon dans l'immédiat et après 16
- ✓ Préparer une suspension 22,5 g +/- 0,1 g de bentonite dans 350 cm³ +/- 0,5 d'eau distillée. (Voir l'image gauche) Après agitation durant 5mn +/- 0,5 dans un malaxeur (Hamilton Beach), (voir l'image droite)



Figure N°33: Méthode de pesé



Figure N°34: Agitation

- ✓ Remettre en agitation et répéter la même opération chaque 5 à 10 mn. Le temps d'agitation total est de 20mn +/- 1.
- ✓ Après vieillissement de 16 heures, verser la suspension dans le bol de l'agitateur et agiter de nouveau pendant 5 mn +/- 0,5.



Figure N°35: protocol Après vieillissement de 16 h

- ✓ 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.



Figure N°36: mesure la viscosité

6- 2. *Perte au Filtrat :*

À mesure la viscosité après 16h, 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. Ouvrir la vanne de pression à 100 PSI (07 bars) et placer une éprouvette sous l'orifice de la cellule.



Figure N°37: Verser la suspension dans cellule de filtre

Figure N°38: Filtration

Le temps filtration 30 mn. On lit le volume filtrat

6-3. *Mesure de l'indice gonflement*

- ✓ On prend 1g de bentonite dans 100 ml d'eau distillée dans le tube en verre gradué (de 100 ml).
- ✓ Après 1h ajouter 1g de bentonite dans le même 100ml d'eau distillée et après 1h, On lit sur le tube gradué le volume du sédiment déposé. Le temps total 2h



Figure N°39: Volume de l'indice gonflement

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

6-4. *Mesure de l'humidité:*

- Peser 10g de bentonite
- Sécher à l'étuve à 110°C pendant 02 heures.

- Refroidir dans un dessiccateur

Calcul :

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

7-Carbonate de soude et magnésie :

7-1. Mesure de l'humidité

- Peser 10g de Na₂CO₃ et 10g de MgO
- Sécher à l'étuve à 110°C pendant 02 heures.
- Refroidir dans un dessiccateur
- puis Peser Na₂CO₃ et MgO séché

Calcul :

Humidité (% en poids) = 100*

(Poids de l'échant. de départ - poids de l'échant. Séché)

7-2. Mesure du pH

- Pousser le bouton ON/OFF du PH mètre
- Pousser le bouton PH/MV
- Rincer Na₂CO₃ avec de l'eau distillée
- Immerger Na₂CO₃ dans la solution à mesurer
- Rincer MgO avec de l'eau distillée
- Immerger MgO dans la solution à mesurer
- Noter la valeur du PH de Na₂CO₃ et MgO après stabilisation de quelques secondes.

8-Protocol de FTIR

8-1. Matériel et produit utilisées :

Verre de montre, balance, la spatule, cellule (moule) et mortier le pilon, pastilleuse, appareille IR

Bromure de potassium(KBr) ,Éthanol

8-2. Préparation de l'échantillon en pastille de KBr :

- Un mélange homogène à environ 1mg de poudre d'argile et 100 mg poudre KBr est préparé puis finement broyé



- II *Figure N°40: mélange* puis soit *Figure N°41: Broyeur* dans une pastilleuse, II est ensuite extrait du moule sous la forme d'une pastille.



Figure N°42: Pastilleuse



Figure N°43: Une pastille

* On prépare une autre pastille à partir de 120 mg de KBr, qu'on utilisera comme référence. Prête à l'emploi la qualité de la pastille conditionne celle du spectre.



Figure N°44: Pastille KBr

8-3.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).



Figure N°45: Appareil IR

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

❖ Les Résultats et Discussions

I) Résultats d'analyses rhéologiques

I-1. Résultats d'analyse des échantillons (activation Na_2CO_3 variable)

Tableau N° 07 : activation Na_2CO_3 variable de la première semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			Viscosité(CP)		V. filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
I	Dans L'immédiat	28	23	18	16	17.62	
	Après 16 h	30	25				
II	Dans L'immédiat	31	26	22	12	13.21	
	Après 16 h	32	27				
III	Dans L'immédiat	36	31	25	10	11.01	
	Après 16 h	38	33				
IV	Dans L'immédiat	40	35	15	10	11.01	
	Après 16 h	42	37				
USINE	Dans L'immédiat	25	20	17	12	13.21	
	Après 16h	30	25				

Tableau N° 08 : activation Na₂CO₃ variable de la 2^{ème} semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			viscosité		V. filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
I		Dans L'immédiat	27	22	22	20	22.02
		Après 16 h	28	23			
II		Dans L'immédiat	28	23	25	11	12.11
		Après 16 h	30	25			
III	2 ^{ème} semaine	Dans L'immédiat	31	26	27	14	15.41
		Après 16 h	33	28			
IV		Dans L'immédiat	33	28	15	11	12.11
		Après 16 h	35	30			
USINE		Dans L'immédiat	30	25	15	12	13.21
		Après 16 h	33	28			

Tableau N°09: activation Na₂CO₃ variable de la 3eme semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			viscosité		V.filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
I		Dans L'immédiat	23	18	23	20	22.02
		Après 16 h	25	20			
II		Dans L'immédiat	25	20	26	10	11.01
		Après 16 h	28	23			
III	3^{ème} semaine	Dans L'immédiat	32	27	27	13	14.31
		Après 16 h	30	25			
IV		Dans L'immédiat	27	22	20	11	12.11
		Après 16 h	28	23			
USINE		Dans L'immédiat	35	30	10	12	13.21
		Après 16 h	36	31			

Tableau N° 10 : activation Na₂CO₃ variable de la 4^{ème} semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			viscosité		V. filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
I	Dans L'immédiat	24	19	25	20	22.02	
	Après 16 h	25	20				
II	Dans L'immédiat	22	17	35	10	11.01	
	Après 16 h	24	19				
III	Dans L'immédiat	25	20	39	13	14.31	
	Après 16 h	28	23				
IV	Dans L'immédiat	23	18	48	11	12.11	
	Après 16 h	26	21				
USINE	Dans L'immédiat	35	30	08	13	14.31	
	Après 16 h	38	33				

I-2. Résultats d'analyse des échantillons (activation MGO variable)
Tableau N° 11 : activation MGO variable de la 1^{ère} semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			viscosité		V. filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
01	Dans L'immédiat	28	23	28	15	16.51	
	Après 16 h	30	25				
02	Dans L'immédiat	30	25	26	13	14.31	
	Après 16 h	31	26				
03	Dans L'immédiat	29	24	31	14	15.41	
	Après 16 h	30	25				
04	Dans L'immédiat	31	26	40	10	11.01	
	Après 16 h	32	27				

Tableau N° 12: activation MGO variable de la 2^{ème} semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			viscosité		V. filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
01	2 ^{ème} semaine	Dans L'immédiat	32	27	22	16	17.62
		Après 16 h	33	28			
02	2 ^{ème} semaine	Dans L'immédiat	31	26	24	13	14.31
		Après 16 h	32	27			
03	2 ^{ème} semaine	Dans L'immédiat	33	28	25	14	15.41
		Après 16 h	35	30			
04	2 ^{ème} semaine	Dans L'immédiat	32	27	38	10	11.01
		Après 16 h	34	29			

Tableau N°13 : activation MGO variable de la 3^{ème} semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			viscosité		V. filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
01	Dans L'immédiat	30	25	22	15	16.51	
	Après 16 h	33	28				
02	Dans L'immédiat	35	30	21	12	13.21	
	Après 16 h	36	31				
03	Dans L'immédiat	35	30	25	13	14.31	
	Après 16 h	36	31				
04	Dans L'immédiat	34	29	33	10	11.01	
	Après 16 h	38	33				

Tableau N° 14: activation MGO variable de la 4^{ème} semaine

Code échantillons	Résultat des analyses		Paramètres rhéologique				
			viscosité		V. filtrat (ml)	V(ml) I.G	IG
			L600	L300			
01	Dans L'immédiat		30	25	21	14	15.41
	Après 16 h		35	30			
02	Dans L'immédiat		35	30	20	12	13.21
	Après 16 h		39	34			
03	Dans L'immédiat		40	35	24	13	14.31
	Après 16 h		42	37			
04	Dans L'immédiat		50	45	29	10	11.01
	Après 16 h		52	47			

I-3. Calcul l'humidité de Na₂CO₃ et MgO

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 100 * (10 - 9.96) = 4 \%$$

$$\text{MgO} = 100 * (10 - 9.82) = 18\%$$

I-4. Etude de la viscosité :

Tableau N° 15 : Viscosité L600(CP) des échantillons avec la variation de Na₂CO₃.

Na ₂ CO ₃ (g)	Semaine / échantillon	Vis(Cp) 1 ^{ère}	Vis(CP) 2 ^{ème}	Vis(Cp) 3 ^{ème}	Vis (Cp) 4 ^{ème}
0	réf	15	14	14	14
1.6	I	30	28	25	25
2.4	II	32	30	28	24
3.2	III	38	33	30	28
4	IV	42	35	28	26

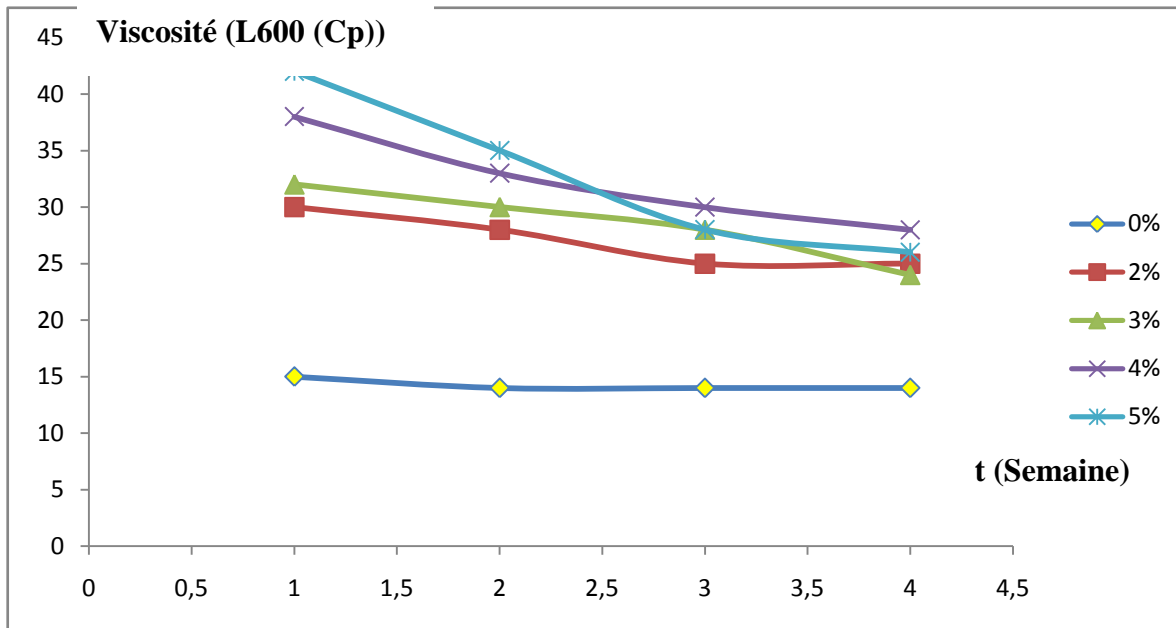


Figure N°46: diminution de la viscosité dans le temps pour chaque dosage (Na₂CO₃ variable)

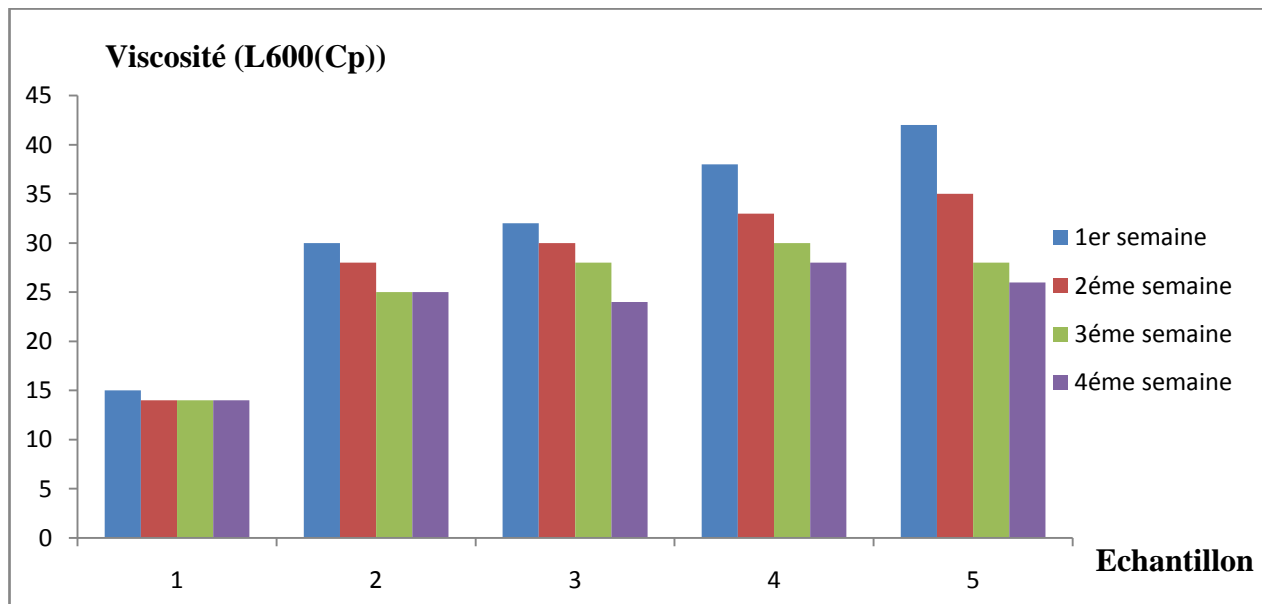


Figure N°47: diminution de la viscosité pour chaque échantillon

4-1.Discussions 01 :

La figure N°46 représente la diminution de la viscosité dans le temps, on remarque que pour chaque dosage de la carbonate de sodium il y a une diminution de la viscosité pendant les 4 semaines, et cette diminution est remarquable pour les 4 dosages (2% jusqu'à 5%) seulement l'échantillon qui n'est pas activé (naturel 0% de Na₂CO₃).

La figure N°47 montre que l'augmentation de la viscosité lors de l'augmentation de la quantité de dosage la carbonate de sodium, cette valeur est atteinte à une valeur maximale de 42 Cp.

Tableau N°16: viscosité L600(CP) des 'échantillons par variable MgO à chaque semaine

MgO (g)	Semaine échantillon	Vis (CP) 1 ^{ère}	Vis (CP) 2 ^{ème}	Vis (CP) 3 ^{ème}	Vis (CP) 4 ^{ème}
0.32	01	30	33	33	35
0.4	02	31	32	36	39
0.6	03	30	35	36	42
0.8	04	32	34	38	52

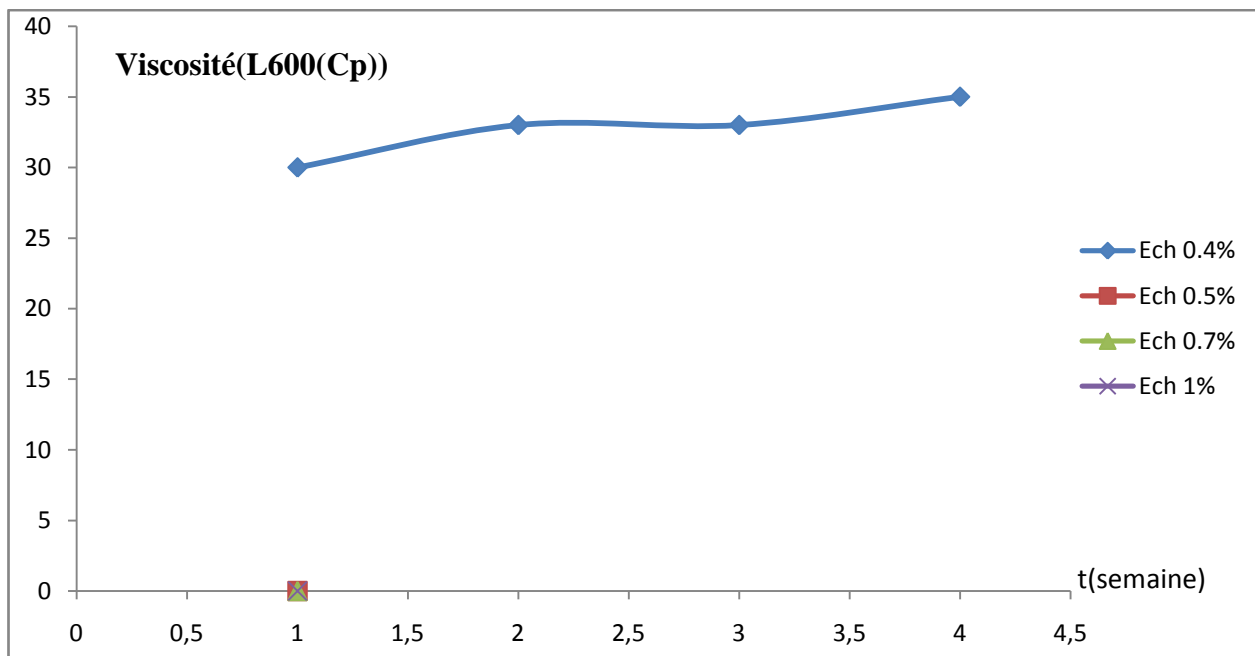


Figure N°48: augmentation de la viscosité dans le temps pour chaque dosage (MGO variable)

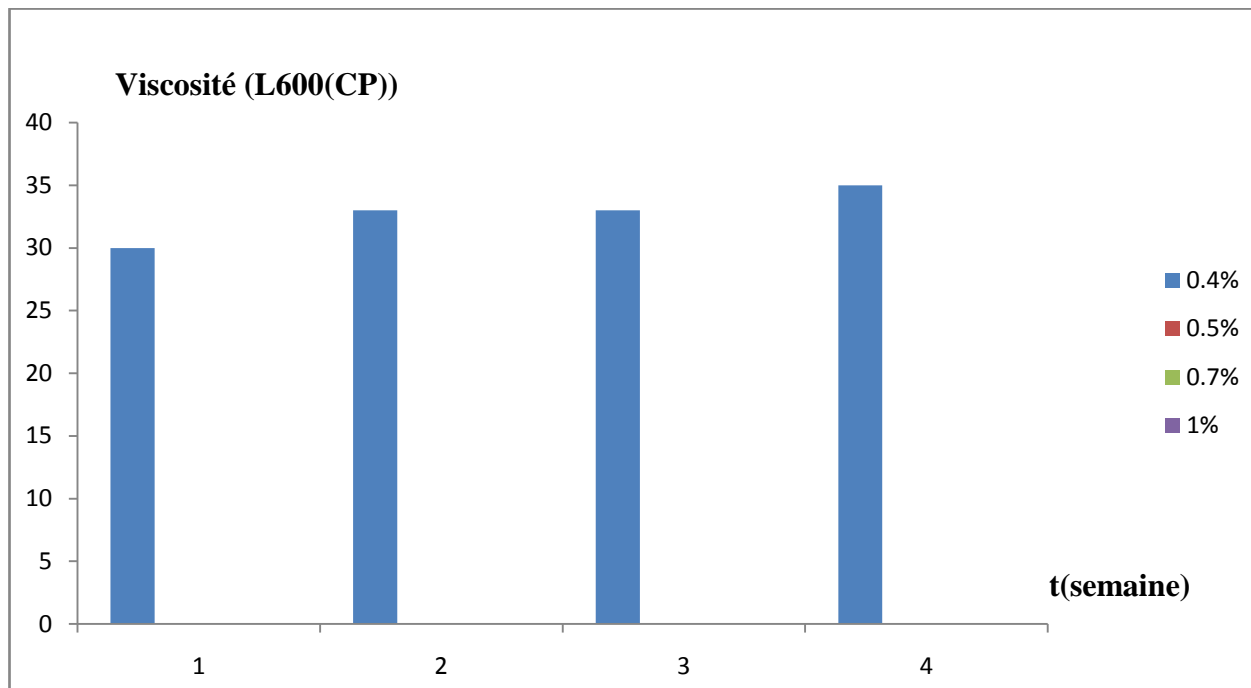


Figure N°49: l'évolution de la viscosité dans le temps

4-2. Discussions 02 :

La figure N°48 représente l'augmentation de la viscosité dans le temps, nous avons constaté que la viscosité à augmenter dans le temps pour les quatre dosages du magnésium oxyde (de 0.4 à 1%), cette valeur est atteinte à une valeur maximale de 52Cp pour 1% de MGO comme ci indique de la figure N°4

I-5. Etude de Filtrat :

Tableau N°17: Viscosité L600(CP) et volume filtrat (ml) des échantillons avec la variation de Na_2CO_3 .

Na_2CO_3 (%)	Paramètres d'analyse	1 ^{er} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
2%	Vis L600 (CP)	30	28	25	25
	V. Filtrat (ml)	18	22	23	25
3%	Vis L600 (CP)	32	30	28	24
	V. Filtrat (ml)	22	25	26	35
4%	Vis L600 (CP)	38	33	30	28
	V. Filtrat (ml)	25	27	27	39
5%	Vis L600 (CP)	42	35	28	26
	V. Filtrat (ml)	15	15	20	48

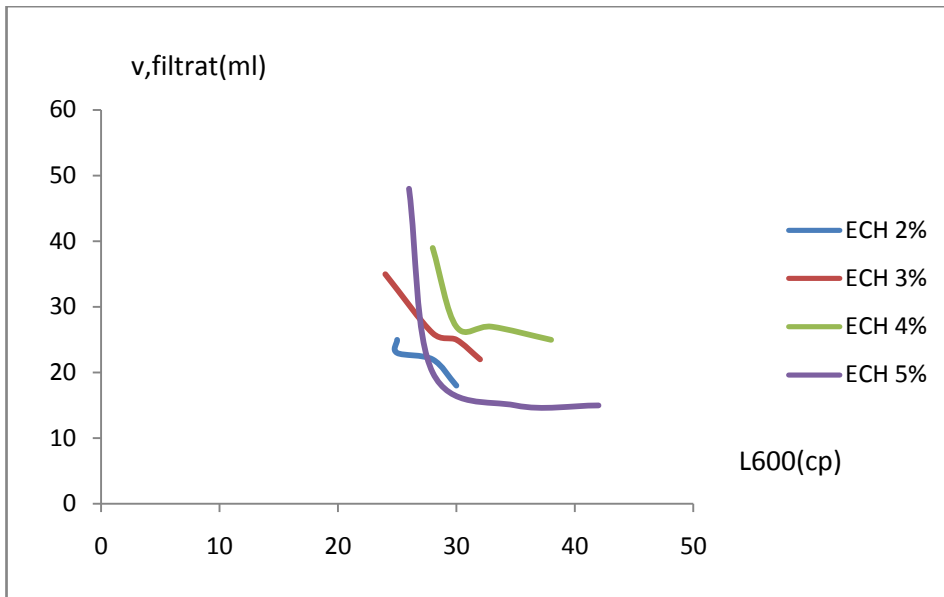


Figure N°50: diminution de volume de filtrat en fonction la viscosité

Tableau N°18: Viscosité L600(CP) et volume filtrat (ml) des échantillons avec la variation de MgO.

MgO(%)	Paramètres d'analyse	1 ^{er} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
0.4%	Vis L600 (CP)	30	33	33	35
	V. Filtrat (ml)	28	22	22	21
0.5%	Vis L600 (CP)	31	32	36	39
	V. Filtrat (ml)	26	24	21	20
0.7%	Vis L600 (CP)	30	35	36	42
	V. Filtrat (ml)	31	25	25	24
1%	Vis L600 (CP)	32	34	38	52
	V. Filtrat (ml)	40	38	33	29

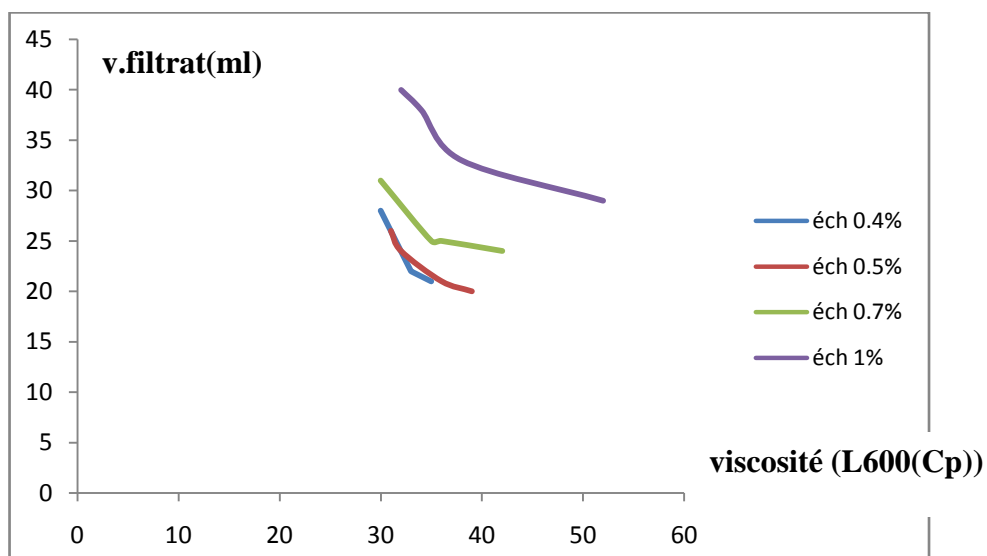


Figure N°51: diminution de volume de filtrat en fonction la viscosité

5-1.Discussions 03:

La figure N°50 représente la variation de volume filtrat en fonction de la viscosité, on remarque que le volume filtrat diminue lors de l'augmentation de la viscosité

représente la variation de volume filtrat en fonction de la viscosité, on remarque que le volume filtrat diminue lors de l'augmentation de la viscosité.

La figure N°51 représente la variation de volume filtrat en fonction de la viscosité, on remarque que le volume filtrat diminue lors de l'augmentation de la viscosité.

Tableau N°19: Viscosité L600(CP) de l'échantillon d'usine avec le dosage d'usine

Dosage	Paramètres d'analyse	1 ^{er} semaine	3 ^{ème} semaine	5 ^{ème} semaine	7 ^{ème} semaine	9 ^{ème} semaine	11 ^{ème} semaine	13 ^{ème} semaine	14 ^{ème} semaine
Dosage d'usine	Vis L600 (CP)	31	35	42	45	40	36	28	25

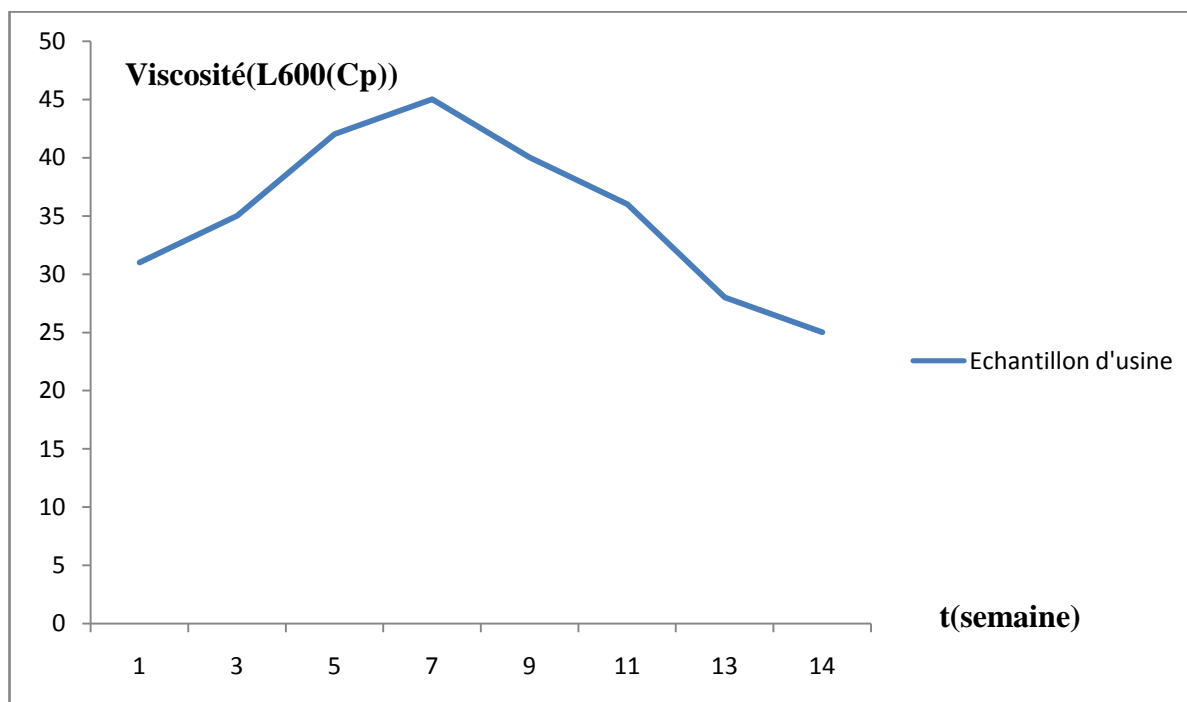


Figure N°52: évolution de la viscosité dans le temps

6-Discussions 04 :

La figure N°52 représente de la viscosité dans le temps, nous avons remarque que la viscosité à augmente jusqu'à une valeur maximale de 45 Cp, en suite la viscosité a chuté a partir la 9^{me} semaine jusqu'à une dégradation de la qualité (inferieur a 30 Cp).

II) Résultat des analyses chimiques : Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

Etude Spectroscopique Infrarouge de l'échantillon brut

Les spectres IRTF ont été réalisés à l'aide d'un spectromètre (Perkin-Elmer Fourier Transforme), sur une gamme de 500 à 4500 cm^{-1} avec une résolution de 4cm^{-1} et 40 scans sont réalisés. Les échantillons ont été conditionnés sous forme de dispersion dans une pastille de KBr (3/100 en poids).

Les figures suivantes représentent le spectre IRTF de la bentonite active.

✓ Échantillon l'usine

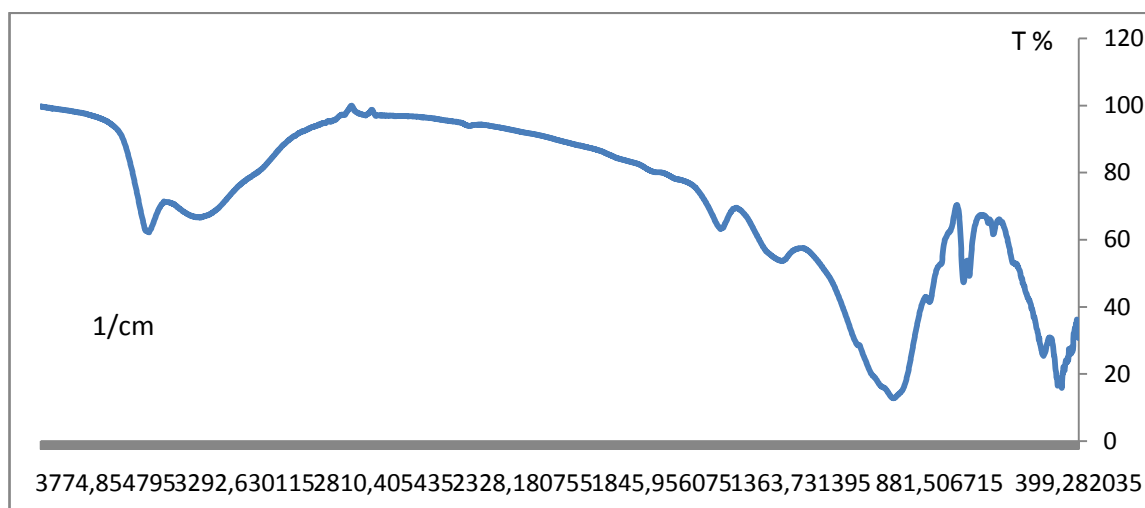


Figure N°53: Spectre IR d'échantillon l'usine de Mostaganem brute

Tableau N°20 : les fréquences IRTF des vibrations des liaisons de l'usine de Mostaganem

Bandes IRTF caractéristique en (cm^{-1})	Liaison et nature de vibrations
3701	ν O-H vibrations d'élongation
3495-3290	δ H-O-H vibrations de déformation
1637-1800	ν H-O-H vibrations de valence
1360-1400	ν C-O vibration d'élongation
913	δ Al-Al-OH liaison de déformation
812	δ Al-Mg-OH δ liaison de déformation
708	δ Si-O vibrations de déformation
502-399	δ Si-O-Al vibrations de déformation

✓ Échantillons variable Na₂CO₃

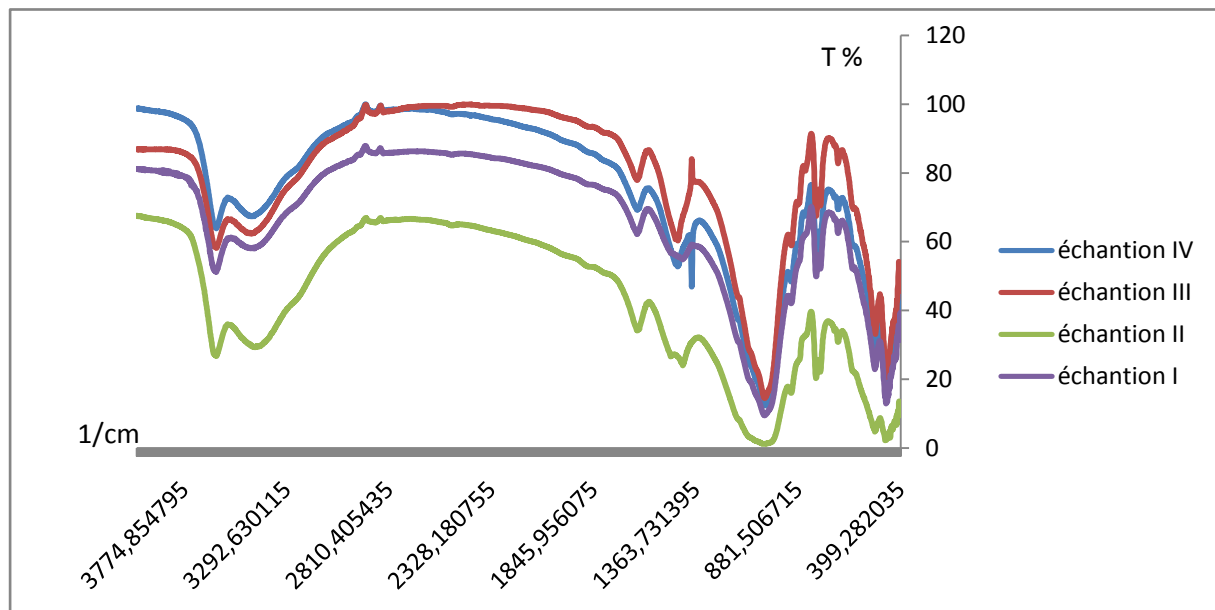


Figure N°54 : Les spectres IR des échantillons variable Na₂CO₃ de Mostaganem brute

Tableau N°21: les fréquences IRTF des vibrations des liaisons de la variable Na₂CO₃

Bandes IRTF caractéristique en (cm ⁻¹)	Liaison et nature de vibrations
3770	v O-H vibrations d'élongation
3290	δ H-O-H vibrations de déformation
1700	v H-O-H vibrations de valence
1360	v C-O vibration d'élongation
900	δ Al-Al-OH liaison de déformation
880	δ Al-Mg-OH δ liaison de déformation
780	δ Si-O vibrations de déformation
400-700	δ Si-O-Al vibrations de déformation

✓ Échantillons variable MgO

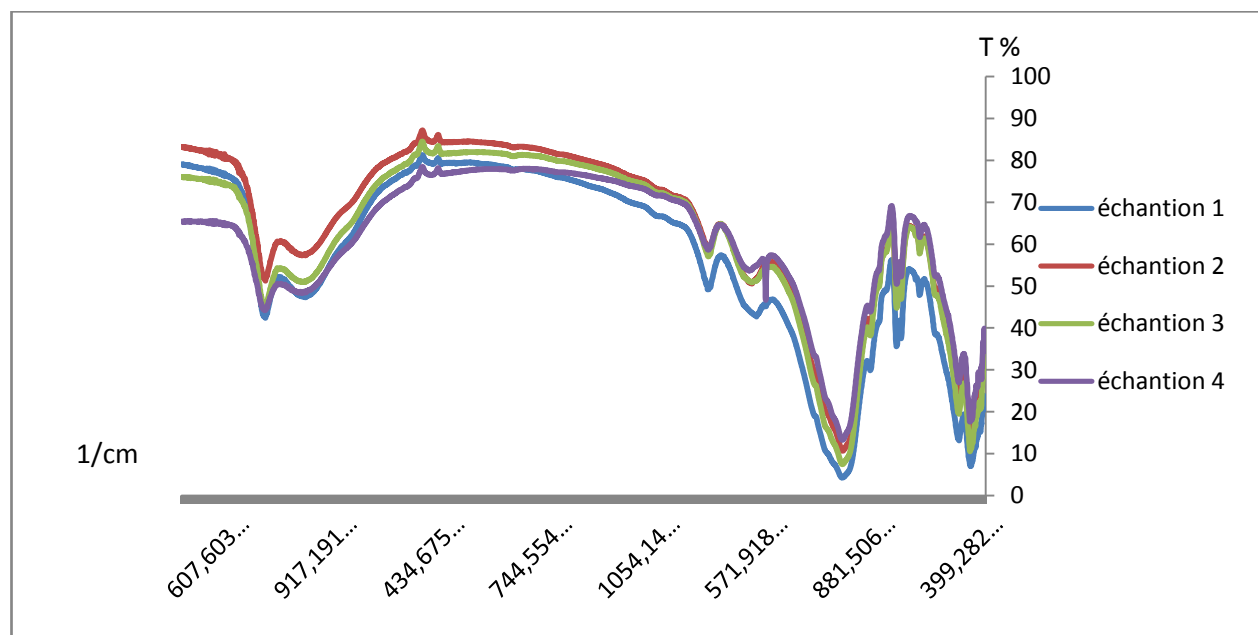


Figure N°55 : Les spectres IR des Échantillons variable MgO de Mostaganem brute

Tableau N°22 : les fréquences IRTF des vibrations des liaisons de la variable MgO

Bandes IRTF caractéristique en (cm ⁻¹)	Liaison et nature de vibrations
3688-3581	v O-H vibrations d'élongation
3475-3360	δ H-O-H vibrations de déformation
1670-1560	v H-O-H vibrations de valence
1360	v C-O vibration d'élongation
1035	v Si-O-Si vibrations de valence dans le plan
880-823	δ Al-Mg-OH δ liaison de déformation
505	δ Si-O-Al vibrations de déformation

II-1. Discussions 05:

Les bandes d'absorption présentées dans les tableaux N°20 et 21 et 22 sont caractéristiques de la phase argileuse. Ces bandes correspondent aux liaisons : Si–O, Si–O–M, M–O–H (M= Al, Fe et Mg), existantes entre les anions et les cations situés dans les sites octaédriques ou tétraédriques, ainsi qu'un grand nombre de groupements OH.

La bande située dans l'intervalle 3200 - 3800 cm^{-1} , avec des pics intenses à 3620 - 3640 cm^{-1} et à 3400 cm^{-1} , est très caractéristique des montmorillonites. Entre 3620 - 3640 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 cm^{-1} est attribuée aux vibrations de valence (allongement) de la liaison O–H de l'eau.

Une bande de faible intensité à 1360 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 cm^{-1} et centrée vers 1035 cm^{-1} correspond aux vibrations de valence de la liaison Si-O.

Un pic autour de 780 cm^{-1} Si-O-Al liaisons de vibration de déformation

Al, Mg, et Fe situés en position octaédrique. Les bandes de vibration de ces liaisons apparaissent dans l'intervalle 400 - 550 cm^{-1}

Conclusion générale :

Mon stage de master dans l'unité BENTAL que j'ai effectué a été très bénéfique, il m'a permis de vérifier pratiquement certaines théories acquises lors de ma formation.

Notre étude a porté essentiellement sur l'étude de vieillissement de la bentonite dans le temps en évitant la consommation du produit brut et les réactifs et en évitant des arrêts fréquents de l'unité de recyclage des produits finis.

D'après l'interprétation des graphes obtenus à partir des expériences faites au niveau de laboratoire de l'unité BENTAL, on ne constate que la diminution de la viscosité et l'augmentation de volume filtrat à une relation avec le dosage des réactifs (Na_2CO_3 , MGO). Ceci permet de conclure que le problème de la dégradation de la qualité de la bentonite dans le temps dû au changement de comportement de la bentonite et ceci nous a conduit à conclure que :

Le dosage de carbonate de sodium a un effet sur l'augmentation de la qualité de la bentonite dans l'immédiat qui atteint parfois à une valeur de 50Cp

Le dosage de magnésium oxyde (MGO) est responsable sur le vieillissement de la bentonite dans le temps qui dépasse parfois les 2 mois.

Le dosage de carbonate de sodium et de magnésium oxyde est responsable aussi sur la diminution de volume filtrat.

L'apparition des liaisons et les nature de vibrations dans l'analyse chimique par IFR nous avons remarqué qu'il n'y a pas de différence entre les deux dosages ainsi que le vieillissement de la bentonite dans le temps.

Enfin pour éviter la dégradation de la qualité de la bentonite, il faut faire d'autres analyses chimiques qui permettent de déterminer d'autres paramètres se basant sur l'analyse chimique microscopiques de comprendre plus les réactions internes dans la bentonite, et on recommande de faire un dosage optimal pour la bentonite, 3% de Na_2CO_3 et $\frac{1}{4}(3\%\text{Na}_2\text{CO}_3)$ de MGO pour éviter la consommation excessive de ces réactifs, et de créer un planning de commercialisation des produits avec la production pour éviter le stock du produit fini dans l'unité

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Fiche Technique** :Présentation de l'unité BENTAL.
- [2] **Kaouther BEN AZOUZ A.**, 2010. Relations entre propriétés rhéologiques et structure microscopique de dispersions de particules d'argile dans des solutions de polymères. UNIVERSITÉ DE HAUTE ALSACE, p5.
- [3] **HAZMOUNE H.**, approche des études géotechniques liées à la pathologie des ouvrages : étude de cas. Pour l'obtention du diplôme de magistère en génie civil, UNIVERSITÉ MENTOURI, CONSTANTINE. p 6.
- [4] **Tesina G.**, 2010. Analyse du phénomène de retrait gonflement des milieux argileux: impact environnemental et impact de la sécheresse sur le bâti. Pour l'obtention du diplôme de magistère. p9.
- [5] **BOUKADAH N.**, 2007. ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, à l'Université 20 Août 55, Skikda .p 38. [6] **BOUKADAH N.**, 2007. ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme magister, à l'Université 20 Août 55, Skikda. p39.
- [7] **Batouche H.**, 2010. Intercalation de liquides ioniques dans les argiles. Pour l'obtention du diplôme de magistère Université de constantine. p8.
- [8] **MOUSSAOUIZ .**, 2012 . Intercalation de dendromères à travers la et bentonites sodiques. Pour l'obtention du diplôme de magistère, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEM. p19. et mémoire **BOUKADAH N.** p40.
- [9] **KANOURI R et LABIDE A.**, 2013. Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia. Pour l'obtention du diplôme de magistère UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. p7.
- [10] **KANOURI R et LABIDE A.**, 2013. Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia. Pour l'obtention du diplôme de magistère, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. p7. [11] **CHIKHI KH.**, 2013. Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia . Pour l'obtention du diplôme de magistère, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. p7.
- [12] 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.
- [13] 9623^e-chapitre-2., **2013**. VISCOSITE DES LIQUIDES ET DES SOLUTIONS HEMORHEOLOGIE. Université Colonel Hadj Lakhdar . Batna. p1.
- [14] Copyright ©2008 Nicolas JOUVE. Tous droits réservés. / Email AZprocede_orange.fr

[15] [16]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.

[17]fiche-ph.CRE Laurentides 2009 Le pH p.3

[18]SC-ph« SUR LES TRACES DE SHERLOCK HOLMES »,www.capsciences.be, cap sciences, <http://www.capsciences.be/atelier.pdf>, 28 septembre 2006.p1

[19]Mémoire mensriA.,2011. VANADIUM SUPPORTE SUR MONTMORILLONITE INTER CALÉE AU TITANE V/TI -PILC: PRÉPARATION, CARACTÉRISATION ET REACTIVITÉ EN ÉPOXYDATION DU CYCLOHEXÈNE UNIVERSITÉ ABOUBAKR BELKAÏD – TLEMCEM.p16.

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
recherche	Sondage tarière	Tout tariere	Selon demande	48 pour lot de 10 echantillons	Géologue	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Puits de sondage	puit	//			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	rainure	La rainure	//		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
	Tout venant extrait	Front de taille	//	24 h		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
Traitement	Tout venant traité	skip	1/ poste	24 h	Technicien laboratoire	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
Virifcation 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
Contrôle avant livraison	Produit fini	Stock FB2	Avant livraison FB2	24 h	commercial	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
Contrôle des réactifs	réactif	Stock réactif	Chaque entrée	03 h	Chef sce labo	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 ₂ CO ₃	01 max	/	/	/	/	/	/	/	/	10 mini	/
	MgO	01 max	/	/	/	/	/	/	/	/	10 mini	/
	EAU distiée	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	claire

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

Brute.

Bandes IRTF caractéristique en (cm⁻¹)	Liaison et nature de vibrations
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.

Bandes IRTF caractéristique en (cm⁻¹)	Liaison et nature de vibrations
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

