



# MEMOIRE

Présenté

à



**L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEN  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE  
LA TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

Pour obtenir

**LE DIPLÔME DE MASTER PROFESSIONNEL**

Spécialité

**Géo-Ressources**

par

Okba Abd Mounib BELAID & Mohamed Habib BENGANA

---

**CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE D'UN  
GISEMENT DE BENTONITE ; EXEMPLE :  
GISEMENT DE M'ZILA « ACHASTA » NORD MOSTAGANEM.**

---

Soutenu le 27 septembre 2021 devant les membres du jury :

Salamet MAHBOUBI, MC (A), Univ. Tlemcen  
Mustapha BENADLA, MC (B), Univ. Tlemcen  
Choukri SOULIMANE, MC (A), Univ. Tlemcen  
Khaled BENMOSTEFA, Ingénieur, ENOF

Président  
Encadreur  
Examineur  
Invité

## Dédicaces

Je dédie mon travail a :

- Mes très chers parents qui m'ont offert tout l'amour, sacrifices, le support et qui ont été derrière moi dans les bons et mauvais circonstances durant toute mes années d'étude, Que dieu les garde en bonne santé .
- Mon cher frère « Mouaad » que j'aime ;
- Mes chères tantes maternelle « Rafika », « Keltoum » et « Nacera ».
- Mon oncle Houcine, son épouse, mes cousines et mes cousins « Abdallah » et « Karim » .
- Mes amis que j'aime.
- Mes collègues de ma promotion que j'ai partagé avec eux des moments inoubliables de joies et de bonheur qui seront restés gravés dans ma mémoire .
- Mon binôme « BENGANA Mohammed Habib ».

**BELAID Okba**

## Dédicaces

Je dédie ce travail a:

- Ma famille qui m'a doté une éducation digne, leur amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui ;
- Ma très chère mère qui a été toujours à côté de moi pour surmonter tous les difficultés et pour ses sacrifices au cours de ma vie ;
- Mon très cher père qui est mon idole et mon guide ;
- Mon frère et mes sœurs : « Aymen », « Lobna », « Romaysâ » et « Haynaâ » ;
- Mes grands-parents.
- Mon oncle Ghrib et son épouse Houaria et son fils Ali ;
- A tous mes oncles et mes tantes.
- A mon très cher amis MAAMAR Soufi.
- A mes collègues de ma promotion 2020/2021.
- A mon binôme « BELAID Okba Abd Mounib ».

**BENGANA MOHAMED HABIB.**

## REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier le bon dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce travail :

Nous tenons à remercier aussi :

Mr. Mustapha BENADLA, Maître de Conférences classe (B) à l'université de Tlemcen pour son encadrement, sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils durant toute la période de notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr Khaled BENMOSTEFA notre co-encadreur de nous avoir proposé ce sujet et de nous avoir donné l'occasion de faire un stage au sein de l'entreprise ENOF BENTAL en qualité de Tuteur professionnel, nous ne serons jamais assez le remercier pour sa disponibilité et ses conseils judicieux.

Nos sincères remerciements aux honorables membres de jury pour l'attention dont ils ont fait preuve vis-à-vis de notre travail :

Madame. Salamet MAHBOUBI, Maître de Conférences classe (A) à l'université de Tlemcen, pour sa gentillesse et d'avoir présidé notre travail.

Monsieur Choukri SOULIMANE, Maître de Conférences classe (A) à l'université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier les membres de laboratoire du traitement de la bentonite de l'usine du port de Mostaganem pour l'accueil, gentillesse, disponibilité et leur aide durant notre stage pratique.

Nos remerciements aussi s'adressent aux Directeur de l'entreprise ENOF BENTAL pour nous avoir facilité l'attache durant notre séjour de stage à Mostaganem ; aux membres de laboratoire de chimie -ENOF Bental-, en particulier : Mme CHERCHEB Nourhene –Ingénieur d laboratoire ; Mr KARROUZ Mohamed Ilyes ingénieur topographique ; Mr MENAD –Ingénieur de laboratoire - ; Mr CHERGUIA Bendhiba - Chef de service de la production- pour nous avoir fourni des informations et pour leur chaleureux accueil.

Nos remerciements s'adressent pour monsieur Ghrib BENGANA et sa famille pour leur hospitalité durant notre stage pratique et pour leur accueil chaleureux.

Enfin au terme de ce projet de fin d'étude, nous tenons à manifester l'expression de notre profonde gratitude et notre reconnaissance à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail, en particulier Sara BECHLAGHEM enseignante vacataire au sein de notre département.

## TABLE DES MATIERES

<b>REMERCIEMENTS</b>	
<b>RESUME</b>	4
<b>ABSTRACT</b>	5
<b>ملخص</b>	6
<hr/>	
<b>Première partie : CADRE GENERAL DE L'ETUDE</b>	
<hr/>	
<b>I. INTRODUCTION.....</b>	7
<b>II. OBJECTIF ET METHODOLOGIE D'ETUDE.....</b>	7
<b>III. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE.....</b>	7
<b>A. Contexte géographique.....</b>	7
1. Situation générale du bassin de Bas Chélif.....	8
2. Situation géographique de la région d'étude.....	9
<b>B. Contexte géologique .....</b>	9
1. Cadre géologique de bassin de Bas Chélif .....	9
1.1. Au point de vue tectonique.....	10
1.2. Au point de vue stratigraphique.....	10
1.2.1. Miocène inférieur.....	10
1.2.2. Miocène supérieur.....	10
1.2.3. Pliocène.....	11
1.2.4. Quaternaire.....	12
<b>IV. METHODOLOGIE.....</b>	12
<b>A. Sur le terrain.....</b>	12
<b>B. Au laboratoire.....</b>	12
1. Paramètres pétro-physiques.....	12
1.1. Préparation de l'échantillon.....	13
1.2. Mesure de la viscosité .....	13
1.2.1. Matériels utilisé .....	13
1.2.2. Mode opératoire.....	13
1.3. Mesure de L'humidité.....	13
1.3.1. Matériels utilisés.....	13
1.3.2. Mode opératoire.....	14
1.3.3. Calcul d'humidité .....	14
1.4. Mesure l'indice du gonflement.....	14
1.4.1. Matériels utilisés.....	14
1.4.2. Mode opératoire.....	14
1.4.3. Calcul du gonflement.....	14
1.5. Mesure le taux du sable .....	14
1.5.1. Matériels utilisé.....	14
1.5.2. Mode opératoire.....	15
1.6. Mesure de la perte au filtrat.....	15
1.6.1. Matériels utilisé.....	15
1.6.2. Mode opératoire.....	15
2. Analyse géochimique par DRX	15

<b>V. RAPPEL SUR LES ARGILES BENTONITIQUES.....</b>	<b>15</b>
<b>A. Définition.....</b>	<b>16</b>
<b>B. Origine de la bentonite.....</b>	<b>16</b>
<b>C. Différent types de bentonites.....</b>	<b>17</b>
<b>D. Domaine d'utilisation.....</b>	
<hr/> <b>Deuxième partie : ETUDE LITHOLOGIQUE ET CALCUL DE RESERVE</b> <hr/>	
<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>18</b>
<b>II. GEOLOGIE ET STRUCTURE DE GISEMENT.....</b>	<b>18</b>
<b>III. LITHOLOGIE.....</b>	<b>18</b>
1. Coupe de la couche XIV.....	19
1.1. Unité détritique (argilo-gréseuse).....	20
1.2. Unité argiles bentoniques.....	20
1.3. Unité marneuse.....	20
2. Coupe de la couche VII.....	20
<b>IV. STADES D'EXPLOITATION DES ARGILES BENTONITIQUES.....</b>	<b>22</b>
<b>A. Stade de découverte .....</b>	<b>22</b>
<b>B. Stade d'abattage ou d'extraction.....</b>	<b>23</b>
<b>C. Stade de chargement et transport.....</b>	<b>24</b>
<b>V. CALCUL DU RESERVE.....</b>	<b>24</b>
<b>A. Estimation des réserves exploitables.....</b>	<b>25</b>
<b>B. Donnée de base .....</b>	<b>26</b>
<b>C. Mouvement des réserves année 2020.....</b>	<b>27</b>
<b>D. Evolution des réserves par catégories et types de bentonite en 2020</b>	<b>27</b>
<hr/> <b>Troisième partie: ANALYSE DES DONNEES PETROPHYSIQUES ET GEOCHIMIQUES</b> <hr/>	
<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>29</b>
<b>II. ETUDE DES PARAMETRES PETRO-PHYSIQUES .....</b>	<b>29</b>
<b>A Bentonite du forage .....</b>	<b>29</b>
1. Calcul de refus.....	29
2. Calcul de la viscosité.....	29
3. Calcul d'humidité.....	30
4. Calcul du filtrat.....	30
5. Calcul l'indice du gonflement.....	30
<b>B. bentonite de charge industrielle (BCI).....</b>	<b>30</b>

1. Calcul de refus.....	30
2. Calcul de la viscosité.....	30
3. Calcul d'humidité .....	30
<b>III. ESSAIS DE TRAITEMENT DE LA BENTONITE.....</b>	<b>31</b>
<b>A. Procès de traitement de la bentonite.....</b>	<b>31</b>
1. Activation.....	32
2. Séchage.....	32
3. Broyage.....	33
4. Ensachage.....	33
<b>IV. ANALYSE GEOCHIMIQUE PAR RAYON DIFFRACTION RAYON X.....</b>	<b>34</b>
1. Couche XIV.....	34
2. Couche VII.....	34
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>38</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>39</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>40</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>41</b>

## RESUME

Les couches d'argiles bentonitiques exploitées par ENOF bental affleurent en périphérie du synclinal de M'Zila, à environ 10 km à l'Est du village d'Achastas et 35km à l'ENE de la ville de Mostaganem. A cet effet, la présente étude nous a permis d'identifier quatorze couches de bentonites à l'intérieur d'une séquence de roches sédimentaires d'âge Miocène supérieur, en interstratification avec des marne, silstones et des calcaires marneux. Il est à noter que seulement la septième et la quatorzième couche ont fait l'objet de notre étude, à cause de leurs bonne épaisseur (réserve). Ce dernier est estimé à 81596 tonne pour la couche XIV et 405700 tonne pour la couche VII.

Les analyses des paramètres pétro-physiques montrent que la bentonite exploitée de la couche XIV possède une valeur en viscosité supérieur à 16 cp. Cette dernière valeur est satisfaisante pour les boues de forage. Conséquemment, la bentonite extraite de la couche VII possède une valeur en viscosité égale ou inférieur à 10 cp, qui peut servir dans la bentonite de charge industrielle.

Par ailleurs, l'interprétation des données géochimiques des argiles bentonitiques de la couche XIV a révélé que les minéraux argileux sont composés essentiellement de la Kaolinite et l'Illite. Ces deux minéraux sont associés localement par la Montmorillonite. Les minéraux non argileux sont formés en majorité de la Calcite et du Quartz.

Parallèlement, Les argiles bentonitiques de la couche VII, sont constituées de deux types de minéraux argileux qui sont représentés par l'Illite et la Montmorillonite. Cependant les minéraux non argileux sont composés généralement par le quartz et Heulandite.

**Mots-clés :** argiles bentonitiques ; M'Zila ; Achasta ; Mostaganem ; couche XIV ; couche VII ; paramètres pétro-physiques ; géochimiques.

## ABSTRACT

The bentonitic clay layers exploited by ENOF Bental flourish on the outskirts of the M'zila synclinal about 10 Km on the east of Achasta village and 35km on ENE of Mostaganem city. To this end, the present study has enabled us to identify Bentonite layers within a sedimentary sequence of upper Miocene age in interstratifications within marl silstone and marly limestone. It is noted that the only seventh and fourteenth layers were the subject of our study because of its good reserve. This latter is estimated at 81596 tone for layer VII and 405700 tone for layer XIV.

Analyses of the physical-petro parameter show that the exploited bentonite of layer XIV has a viscosity value greater than 16cp. This latter value being satisfactory for drilling mud, and consequently the bentonite extracted from layer VII has a viscosity value equal to 10cp which can be used for the bentonite of ind charge.

Furthermore, the interpretation of the geochemical data of the bentonitic clays of layers XIV has revealed that the clay minerals are essentially composed of kaolinite and L' illite these two minerals are locally associated by Montmorillonite. Non -clay minerals are mainly Calcite and Quartz.

At the same time, layer VII bentonite clay, is made up of two types of clay minerals that are presented by L' illite and Montmorillonite. However non- clay minerals are typically composed of Quartz and Heulandite.

**Key-words:** The bentonitic clay layers; M'Zila ; Achasta ; Mostaganem; layer XIV; layer VII; physical-petro parameter ; geochimcal.



## ملخص

طبقات الطين البنتوني المستغلة من طرف شركة اينوف بنطال الظاهرة عبي مشارف الطية المقعرة مزيلا. الواقعة حوالي 10 كلم شرق قرية عشاشطة . تحقيقا لهذا الهدف، هذه الدراسة الحديثة سمحت لنا بتحديد 14 طبقة من بنتونيت ضمن سلسلة من الصخور الرسوبية في أواخر عصر الميوسين المتناوبة مع الصلصال ، السليستون والكلس الصلصالي. وتجدر الإشارة الى ان الطبقة السابعة والرابعة عشر فقط كانتا موضوع دراستنا وهذا بسبب احتياطها الجيد حيث يقدر هذا الأخير ب 81596 طن بالنسبة للطبقة الرابعة عشر و 405700 طن بالنسبة للطبقة السابعة.

تبين تحليلات المعلمات الفيزيائية البتروغرافية أن البنتونيت المستغل للطبقة الرابعة عشر له قيمة أكثر من وبهذه القيمة الأخيرة مرضية لطين الحفر. بالمقابل البنتونيت المستخرج من الطبقة السابعة له قيمة لزوجة تساوي أو أقل من عشرة والتي يمكن استخدامها في البنتونيات كحشو صناعي

وبالإضافة الى ذلك كشف تفسير البيانات الجيوكيميائية أن الطين البنتونيتي للطبقة الرابعة عشر أن المعادن الطينية تتكون أساسا من الكاولينيت والايليت. ويرتبط هذان المعدنان محليا بالمونتموغلونيت. المعادن الغير الطينية تتكون أساسا من الكالسيت والكوارتز.

بالتوازي الطين البنتونيتي للطبقة السابعة يتكون من نوعين من المعادن الطينية والمتمثلة في الايليت والمونتموغلونيت. لكن المعادن الغير الطينية تتكون عموما من الكوارتز والهيلانديت.

**الكلمات المفتاحية:** الطين البنتوني، مزيلا، عشاشطة، الطبقة السابعة، الطبقة الرابعة عشر، المعلمات الفيزيائية البتروغرافية، الجيوكيميائية

## I. INTRODUCTION

Considéré comme l'un des plus grands gisements bentonitiques algérien, la carrière d'étude « Achasta » situé à l'ENE de la ville de Mostaganem a été découverte en 1945 et mise en production en 1947. La structure de ce gisement contient quatorze couches d'argiles bentonitiques qui sont discontinues, allongées et lenticulaires. Par ailleurs, une fois le décapage réalisé, le minerai est chargé dans des camions qui le transportent directement à l'usine, situé au port de Mostaganem. Les carrières étant en exploitation environ 10 mois par année (deux mois d'arrêt pendant la période des pluies), la production annuelle de tout-venant est de l'ordre de 20500 tonnes par année.

Ce travail s'articule donc autour de deux axes, à savoir l'étude de la stratigraphie des gisements (présentée dans la deuxième partie) et celle l'analyse des paramètres pétro-physique et géochimiques (présentée dans la troisième partie). A cela s'ajoutent une première partie introductive dans lequel est présenté le cadre géographique et géologique.

## II. OBJECTIF ET METHODOLOGIE D'ETUDE

Le présent travail de Master a pour but l'étude lithostratigraphique, pétrophysique et géochimiques des argiles bentonitiques exploitées dans la carrière « chantier M'Zila » au Est Nord Est de la ville de Mostaganem. La réalisation de cette étude implique de suivre les démarches suivantes :

- La première étape est de lever deux coupes dans le secteur de M'Zila, appartenant à deux couches d'argiles bentonitiques différentes (couche XIV et couche VII) ;
- Après le l'établissement de calcul de réserve de ces deux couches bentonitiques, on a effectué des analyses pétro-physiques ;
- Impliquer une étude géochimique afin d'avoir une idée plus claire sur la richesse minérale qui constitue ces argiles ;
- Afin d'éclairer ce travail et comprendre les étapes suivies, on a évoqué des généralités sur la bentonite, les différents types et les différents domaines d'utilisation.

## III. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

### A. Contexte géographique

#### 1. Situation générale du bassin de Bas Chélif

Le bassin de Bas Chélif fait partie intégrante des bassins néogènes sublittoraux d'Algérie. Il se présente sous forme d'une gouttière jalonnée par une succession de plaines et de plateaux, d'une longueur qui peut atteindre 300 Km et d'une largeur de 100 Km (PERRODON, 1957, THOMAS, 1985) et s'allonge selon une direction ENE-WSW.

Sa marge nord est délimitée d'Ouest en Est par : les massifs littoraux (Djebel Murdjajo, les Monts d'Arzew et la chaîne du Dahra et enfin les Beni Menacer).

Sa marge sud est constituée des Monts des Tessala, des Ouled Ali, des Beni Chougrane et de l'Ouarsenis (Fig. 1).

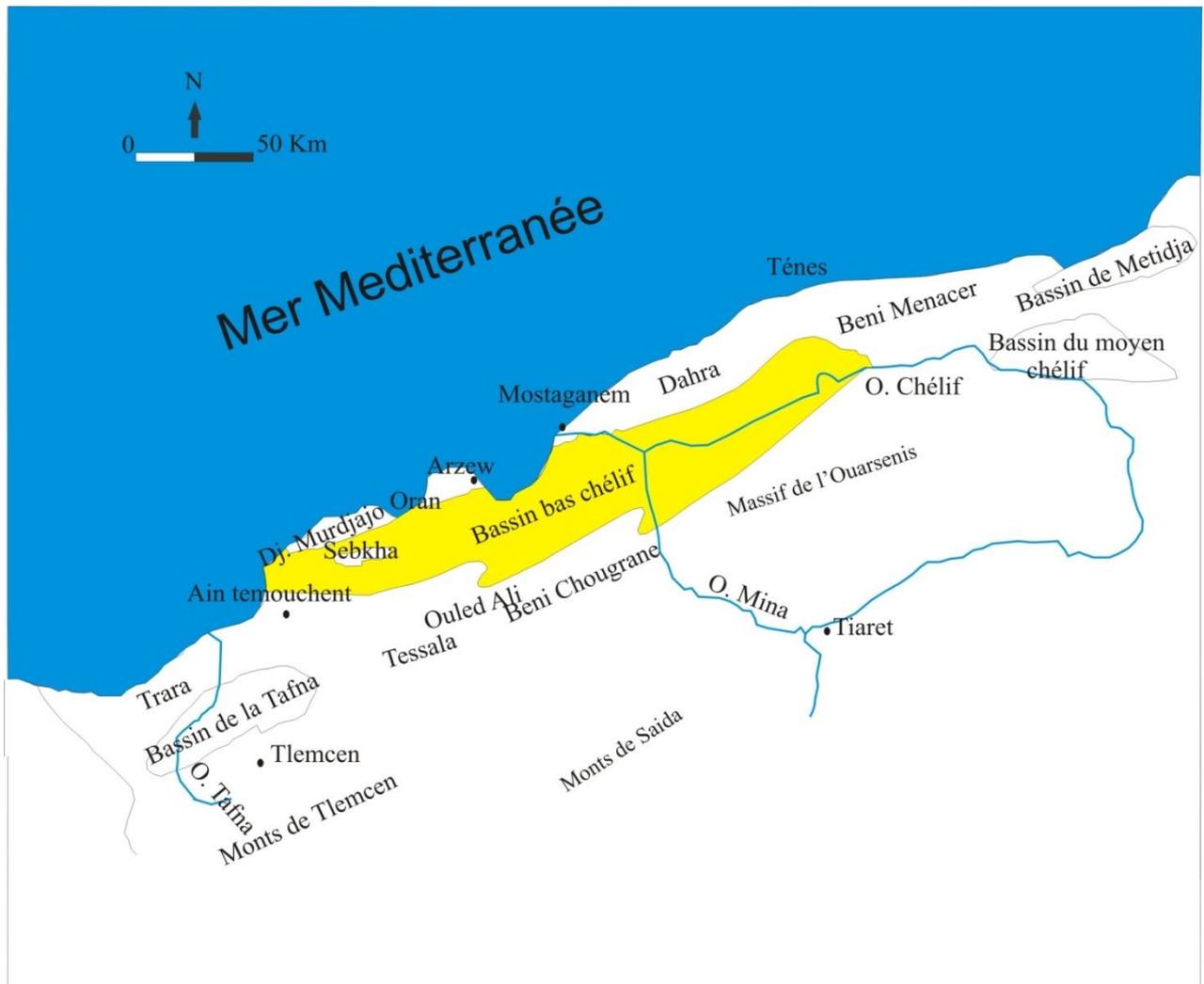
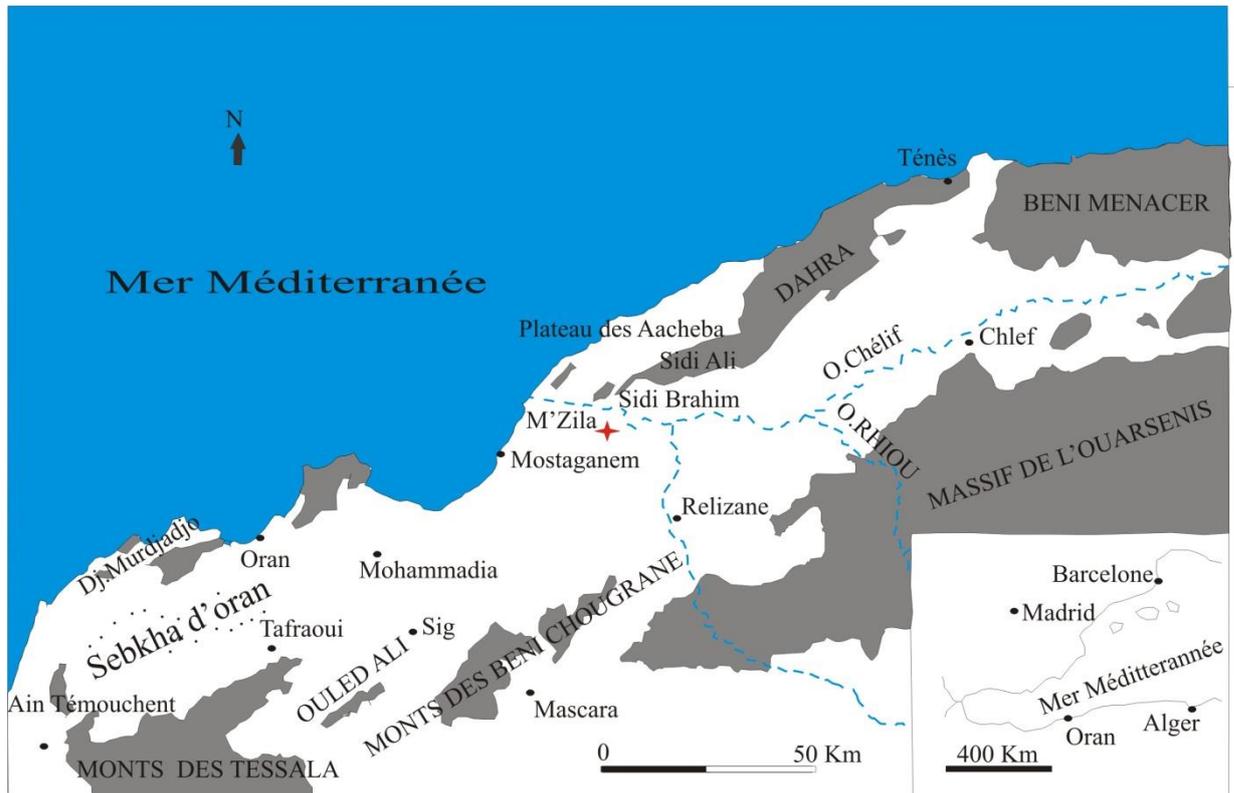


Fig. 1- Situation géographique générale du bassin du Bas Chélif (D'après PERRODON, 1957).

## 2. Situation géographique de la région d'étude

Les carrières bentonitiques désignées sous le nom de « chantier M'Zila » objet de notre présente étude sont situées à 35 km à l'ENE de la ville de Mostaganem et à 10 km à l'Est du village d'Achasta (Fig. 2). Pour arriver aux chantiers d'exploitation, il fallait traverser la piste par un véhicule 4 x 4.

Cependant, ce gisement bentonitique qui fait l'objet des travaux d'exploitation, s'inscrit dans une surface de 343.92 Ha.



★ Carrière d'étude

Fig. 2- Situation géographique de la région d'étude

## B. Contexte géologique

### 1. Cadre géologique de bassin de Bas Chélif

#### 1.1. Au point de vue tectonique

Le bassin du Bas Chélif fait partie des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie nord occidentale (fig. 3). Il s'agit d'un bassin synorogénique lié aux phases paroxysmales de l'orogénèse alpine (PERRODON, 1957 ; DELFAUT et *al*, 1973 ; DELTEIL, 1974 ; GUARDIA, 1975). La sédimentation d'âge Mio-Pliocène reposant en discordance sur le substratum mésozoïque (schistes du Crétacé) témoigne en faveur d'un bassin subsident. Un bassin qui se distingue par des variations spatio-temporelles des faciès (BELKEBIR et *al*. 2002).

Son histoire néotectonique est marquée par plusieurs étapes (MEGHRAOUI, 1982). Au Serravallien supérieur et au Tortonien inférieur, une phase distensive est à l'origine de l'ouverture du bassin et de la mise en place de structures en horst et graben. Ces structures sont par la suite comblées au Tortonien supérieur et au Messinien par une épaisse série de marnes ou de marnes à diatomites issue de la transgression du Tortonien supérieur.

Au Pliocène inférieur, une phase compressive importante provoque la formation de plis de direction 110°N.

Elle devient paroxysmale après les dépôts du Pliocène inférieur ce qui a pour effet d'accentuer les structures plissées du Tortonien supérieur et du Messinien. L'épisode compressif devient N-S au Pliocène supérieur déformant ainsi les niveaux continentaux contemporains suivant des plis de direction E-W.

## 1.2. Au point de vue stratigraphique

Stratigraphiquement, le bassin du Chélif est composé de formations d'âges Miocène inférieur, Miocène supérieur, Pliocène et Quaternaire (PERRODON, 1957) :

### 1.2.1. Miocène inférieur

Le Miocène inférieur (Burdigalien) transgressif est discontinu sur le substratum Crétacé, matérialisé par des conglomérats, des grès et des marnes bleues. Il correspond à la Mégaséquence I de DELFAUD et *al.* (1973).

### 1.2.2. Miocène supérieur

Cet intervalle chronologique est marqué par une nouvelle transgression, correspondant au deuxième cycle post nappes (DELTEIL, 1974 ; FENET, 1975 ; BESSEDIK et BELKEBIR 1991). Ce cycle est représenté par le Mégaséquence II de DELFAUD et *al.* (1973). Il occupe presque tout le bassin du Bas Chélif. Les dépôts y sont transgressifs et discordants sur les terrains antérieurs (BELKEBIR et *al.* 1996). Il est cadré par deux importantes discontinuités, bien observées sur les marges nord et sud du bassin. La première correspond à une transgression progressive d'âge Tortonien, la seconde coïncide avec la base de la transgression du cycle Pliocène (BELKEBIR et *al.* 2002).

Au, se manifeste une sédimentation diatomitique prenant place au centre du bassin (milieu profond) ; sur les larges et haut-fond, s'installent des plates-formes carbonatées (PERRODON, 1957 ; GOURINARD, 1958 ; ROUCHY, 1982 ; SAINT-MARTIN, 1987, 1990 ; SAINT-MARTIN et *al.*, 1992 ; CORNEE et *al.*, 1994) où les formations coralliennes connaissent leur maximum de développement et tendent à isoler le bassin de la mer ouverte en le conduisant à des conditions de plus en plus difficiles et l'installations d'une sédimentation évaporitique et gypsifère (ROUCHY, 1982 ; ROUCHY et *al.*, 2007).

### 1.2.3. Pliocène

Le Pliocène représente dans le bassin du Bas Chélif, un cycle sédimentaire complet, débutant par une transgression sur les séries gypseuses de la fin du Miocène et se terminer par la régression « astienne ». Cette dernière est formée par la succession des dépôts suivants (PERRODON, 1957 ; BELKEBIR, 1986) :

- niveaux détritiques de base ;
- marnes bleues et calcaires construits (Plaisancien) ;
- grès marins (Astien) ;
- grès continentaux.

### 1.2.4. Quaternaire

Occupe principalement la plaine d'Oued Chelif, il est formé principalement par des conglomérats et des argiles sableuses

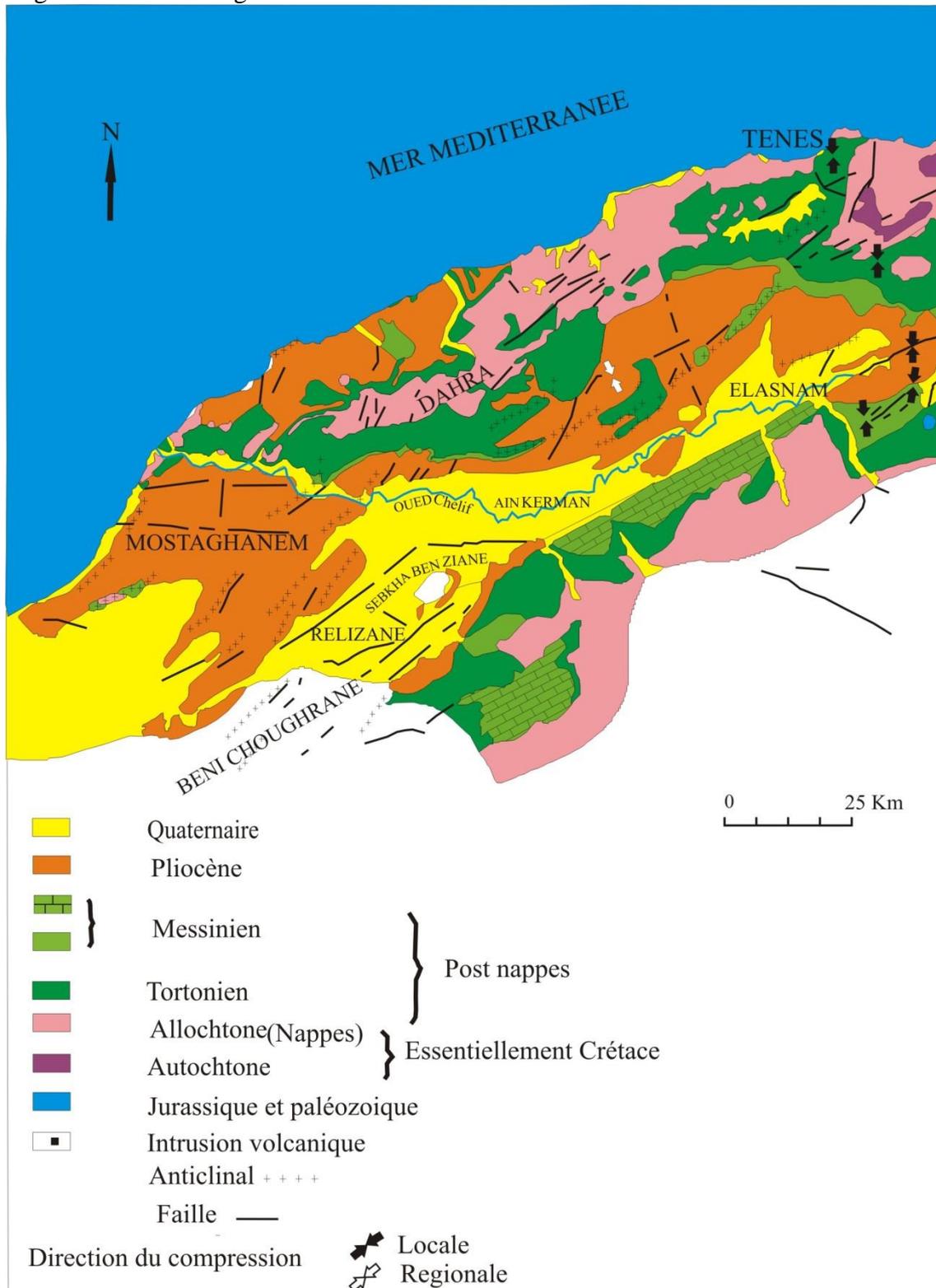


Fig. 3- Carte géologique du bassin du Bas Chélif

## 2. Cadre géologique de la région d'étude

D'après le rapport inédit final de la société ENOF Bental, la région d'étude est constituée par une épaisse série d'âge Miocène supérieur. Ce dernier débute à la base par une épaisse couche marneuse de teinte bleuâtre, au quelle fait suite un empilement des combes bentonitiques admettant des niveaux gréseux. Vers le sommet, la série est clôturée par des marnes argileuses.

Dans le détail, quatorze combes d'argiles bentonitiques ont été reconnues dans le gisement de M'Zila ; Elles sont numérotées dans l'ordre descendant de I au XIV. Ces combes plissées en une structure synclinale dont l'axe plonge vers l'Ouest avec un angle d'environ 25°. Sur le flanc Nord de ce pli, les couches montrent une direction ENE et un pendage de 20 à 40° vers le sud, à l'exception la combe basale (XIV) qui possède un pendage plus abrupt (55°). Sur le flanc Sud du synclinal, les combes adoptent une direction NE avec un pendage de 10 à 35° vers le NW.

## IV. METHODOLOGIE

La réalisation de cette étude implique de suivre les démarche suivante :

### A. Sur le terrain

La première étape est de lever deux coupes dans le secteur de M'Zila et plus précisément sur le flanc Nord du synclinal de M'Zila, appartenant à deux couches bentonitiques différentes (couche XIV et couche VII), ainsi que des prélèvements d'échantillons dans des niveaux argileux bentonitiques ont été réservées aux analyses pétro-physiques et géochimiques.

### B. Au laboratoire

Les travaux de laboratoire lors de cette étude ont consisté d'abord de reconnaître les principales caractéristiques pétro-physiques et géochimiques des argiles bentonitiques de la wilaya de Mostaganem.

#### 1. Paramètres pétro-physiques

Les paramètres pétro-physiques retenus sont la viscosité, l'humidité, l'indice du gonflement, le taux du sable et la perte au filtrat.

La mesure de ces paramètres obéit à des règles :

##### 1.1. Préparation de l'échantillon

La préparation s'effectue au laboratoire sur une quantité de 50 grammes selon les opérations suivantes :

- On ajoute 1.6 g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- Malaxage et pétrification à l'eau
- Boudinage de la pâte obtenue
- Séchage à l'étuve à 110°C
- Broyage au pilon

-Tamisage sur un tamis 100 mèches

Le tamisât obtenu constitue un produit fini prêt aux différentes analyses.

## 1.2. Mesure de la viscosité

### 1.2.1. Matériels utilisé

-Balance

-Eprouvette graduée de 100 ml

-Mélangeur ou Agitateur (Proctor silex) (Fig. 4)

-Viscosimètre (Fig. 5)



Fig. 4- Agitateur



Fig. 5- Viscosimètre

### 1.2.2. Mode opératoire

Préparer une suspension de 22,5 g +/- 0,1 g de bentonite dans 350 cm<sup>3</sup> +/- 0,5 d'eau distillée. Après agitation durant 5mn +/- 0,5 dans un malaxeur (Proctor silex), enlever le bol de l'agitateur et gratter les grains de bentonite collés à la paroi. Remettre en agitation et répéter la même opération chaque 5 à 10 mn. Le temps d'agitation total est de 20mn +/- 1.

## 1.3. Mesure de L'humidité

### 1.3.1. Matériels utilisés

-Balance

-Étuve 110c°

### 1.3.2. Mode opératoire

Il se fait selon les étapes suivantes :

-On mesure 10g de la matière première (bentonite) ;

-On le place dans l'étuve pendant 2 heures ;

-On le pèse après le séchage.

### 1.3.3. Calcul d'humidité

Le calcul d'humidité se fait selon la loi ci-dessous :

$$\text{Le taux d'humidité} = (\text{poids initiale} - \text{poids après séchage}) \times 10$$

### 1.4. Mesure l'indice du gonflement

#### 1.4.1. Matériels utilisés

- Balance
- Eprouvette gradué 100 ml

#### 1.4.2. Mode opératoire :

On verse 1g de la bentonite (produit fini) dans une éprouvette rempli d'eau distillé 100 ml. Après une heure on verse le deuxième gramme de la bentonite. Une heure après, on lit sur l'éprouvette le gonflement de la bentonite.

#### 1.4.3. Calcul du gonflement :

$$\underline{V' = 100 V / 100 - M}$$

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

V = volume de dépôt

M = teneur en humidité

### 1.5. Mesure le taux du sable

#### 1.5.1. Matériels utilisé

- Tamis 149
- Étuve 110c°

#### 1.5.2. Mode opératoire

Cette opération se déroule selon les étapes suivantes :

- Prendre 10 g +/- 0,01 g de bentonite ;
- Mettre en suspension dans 350 cm Additionner de 0,2g d'héxaméthaphosphate de sodium ;
- Agiter pendant 30mn +/- 1 ;
- Transférer la suspension dans un tamis 200 mesh ;
- Laver l'échantillon sur ce tamis avec de l'eau contrôlée à 10 PSI +/- 1, avec la buse de régulation et ce pendant 02 mn. Au moment du lavage, laisser le coude de la buse reposer sur le bord du tamis et déplacer le jet sur tout l'échantillon ;
- Transférer le résidu du tamis au plateau d'évaporation ;
- Sécher à l'étuve jusqu'à poids constant.

## 1.6. Mesure de la perte au filtrat

### 1.6.1. Matériels utilisé

- Eprouvette
- Chronomètre
- Filtre presse (Fig. 6)



Fig. 6- Filtre presse

### 1.6.2. Mode opératoire

- On verse le mélange dans la cellule de filtre à presse ;
- On ouvre la vanne à 7bars puis on place l'éprouvette sous l'orifice de la cellule ;
- On attend 30 minute puis on lit le volume sur filtrat.

## 2. Analyse géochimique par DRX

Cette analyse a été réalisée au laboratoire de chimie et substances utiles à l'université de Tlemcen (pôle chatoine). La technique d'analyse est basée sur la diffraction des rayons X monochromatique sur les plaques de poudres et celles des minéraux argileux orientés. Cette diffraction se fait selon la loi de Bragg. L'objectif de cette technique d'analyse est de déterminer qualitativement et semi-quantitativement la composition en minéraux argileux et non argileux de la roche.

## V. RAPPEL SUR LES ARGILES BENTONITIQUES

### A. Définition

La bentonite est une roche monominérale composé respectivement de smectites (montmorillonite)  $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  et la kaolinite  $[(\text{Al}_4(\text{OH})_8][\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . Elle est connue par le nom « minéral du mille usage » car elle présente des caractéristique spécifique tels que l'absorption d'eau, le gonflement et la viscosité ce qui permettent de l'utiliser dans large gammes et de secteurs. Leur couleur généralement jaune gris clair, une teinte bleuâtre à l'état sec et verdâtre a l'état humide.

## B. Origine de la bentonite

Les bentonites sont des roches d'origine volcanique. Leur formation des bentonites est liée à la sédimentation des cendres volcaniques dans les lacs, les marais, les lagons, ou les zones marines peu profonde. Ce sont des bancs régulière dont l'épaisseur varie du centimètre au mètre et dont l'extension géographique dépend de l'énergie de l'éruption et de la puissance des courants aériens.

## C. Différent types de bentonites

On distingue trois types de la bentonite :

**-Bentonite sodique** : elle s'adapte avec les boues de forage, elle est caractérisée par un grand pouvoir du gonflement et possède une bonne adhérence à sec.

**-Bentonite calcique** : elle est considérée comme un type non gonflant, car le pouvoir du gonflement est bien plus faible que celle des bentonites sodique, elle présente généralement des caractéristiques d'adsorption plus forte.

**-Bentonite activée au sodium** : les bentonites activée au sodium sont faite par la substitution des ions de calcium par les ions de sodium dont le but est bonifier les propriétés d'absorbions des bentonites calciques où les propriétés sont semblables a celle des bentonites sodiques.

Les résultats qui fait la comparaison entre la compositions chimique de la bentonite du L'inde, Grec, Wyoming, Mostaganem et Maghnia vont être présenté dans le tableau qui suit (Tab. 1) :

	Bentonite du l'inde	Bentonite du Grec	Bentonite du Wyoming	Bentonite du Mostaganem	Bentonite du Maghnia
SiO <sub>2</sub>	45.43	60.83	58.14	59.45	63.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.4	17.9	21.73	12.57	17.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.05	4.34	2.46	3.29	2.93
CaO	1.18	1.9	0.86	6.44	0.99
MgO	2.43	2.83	2.42	1.89	3.34
K <sub>2</sub> O	0.13	1.98	0.52		

Na <sub>2</sub> O	3.1	2.96	2.08	1.77	1.7
TiO <sub>2</sub>	1.86				
PAF	13.28	6.44	5.3	11.23	6.08

Tab. 1- Comparaison entre la compositions chimique de la bentonite du chantier M'Zila et Maghnia et celle de bentonite exploitée dans différents gisement du monde (Inde, Grec, Wyoming).

#### **D. Domaine d'utilisation**

On utilise le plus souvent la bentonite gonflante dans les boues de forage; elle sert également au bouletage des concentrés de minerai de fer. L'emploi de la bentonite gonflante comme liant dans les moules de fonderie est encore considéré comme l'une des principales applications ou il est préférable de se servir de la bentonite gonflante ; toutefois, la bentonite non gonflante convient aussi à quelques usages de fonderie.

Parmi les applications secondaires de la bentonite, citons la transformation en granules de produits alimentaires pour animaux, dans lesquels on préfère la variété non gonflante en raison de sa résistance à vert élevée. On utilise de faibles quantités de bentonite gonflante pour assurer un degré d'adhérence dans les Garnitures de freins, et on l'emploie aussi comme plastifiant dans les mélanges pour fabrication de produits réfractaires, de produits abrasifs et de céramiques. La bentonite est un important ingrédient des sols stabilisés avec de la chaux.

## **I. INTRODUCTION**

Ce chapitre présente une étude lithologique détaillée des argiles bentonitiques. Parmi les quatorze couches bentonitiques formant le gisement de M'Zila, deux seront présentées en détail dans ce travail ; la couche quatorze et la couche sept.

Le secteur de M'Zila est un synclinal orienté N-S. Il présente essentiellement des séries sédimentaires messiniennes. Les deux couches sont situées sur le flanc Nord du synclinal.

## **II. GEOLOGIE ET STRUCTURE DE GISEMENT**

Le gisement des argiles bentonitiques du « chantier M'Zila » se situe sur le flanc Nord de synclinal de M'Zila. Ce dernier se présente en une synéclyse dissymétrique, orienté Nord-Sud. Il se caractérise par la présence d'une épaisse série marneuse admettant quatorze couches d'argiles bentonitiques. Ceux-ci s'échelonnent de bas en haut : CI, CII, CIII.....C XIV. Ces couches se présentent sous formes des lentilles d'épaisseur métrique, discontinues et emballées dans des marnes bluâtres.

## **III. LITHOLOGIE**

Dans le secteur de M'Zila, deux coupes lithologiques ont été retenues sur le flanc Nord de la synclinal, celles-ci sont localisées en Fig. 7.



Fig. 7- Photo satellitaire montrant le périmètre carré de gisement de M'Zila.

## 1. Coupe de la couche XIV

Cette coupe, située sur le flanc Nord de la synclinal de M'Zila et le trait de coupe prend une direction N-S. Dans l'ordre ascendant, elle comprend trois unités litho stratigraphiques (Fig. 8) :

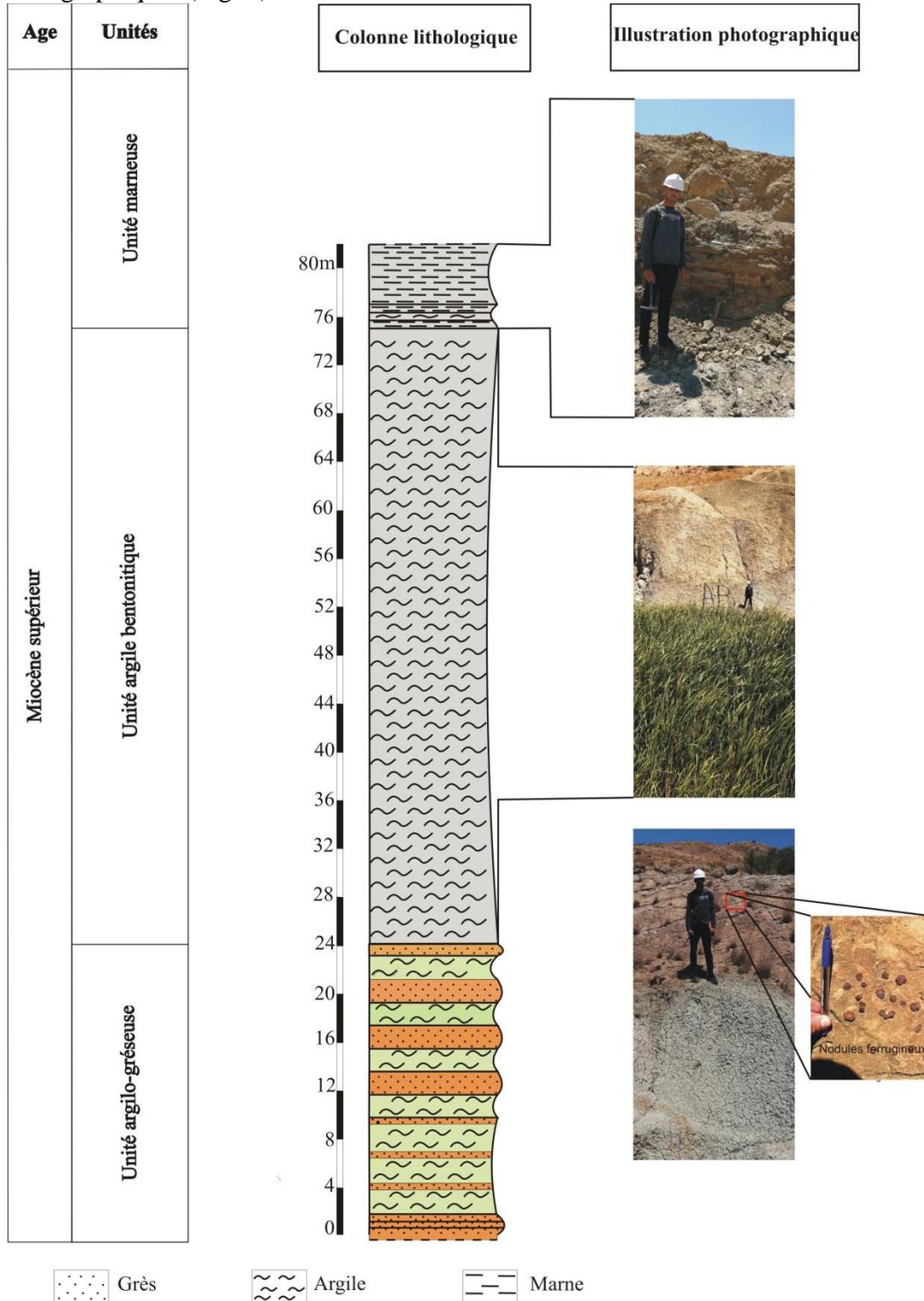


Fig. 8- Colonne lithologique représentant la couche XIV

### 1.1. Unité détritique (argilo-gréseuse)

Elle est constituée, à son sommet par une alternance irrégulière argilo-gréseuses. Les grès sont tendres, mal consolidés, de teinte beige claire à la patine et beige à jaunâtre à la cassure, à ciment argileux, soit totalement sableux. Ils se présentent en barres relativement épaisse (leur épaisseur dépasse 0,5m), d'aspect massif et renferment des traces d'activité organiques (des terriers). Ces grès sont marqués localement par des litages horizontaux plans.

Les argiles sont azoïques, de couleur verdâtre, intercalées par des passées centimétriques de grès. Ces derniers sont de couleur rougeâtre, formés de grains fins enrobés dans un ciment argileux.

Cette unité se clôture par une surface ferrugineuse qui se présente au toit de la dernière barre. Cette surface renferme nombreux nodules ferrugineux est considérée comme une surface de discontinuité sédimentaire.

### 1.2. Unité argiles benthoniques

Les argiles benthoniques commencent après la formation argilo-gréseuse, c'est-à-dire, sa base correspond au pied de la falaise de la dernière barre gréseuse. Cette unité est composée essentiellement d'argiles benthoniques tendres, de couleur grisâtre. Ces argiles admettent, accessoirement des minces pellicules micacées. Ces dernières sont formées par un placage de nombreux cristaux de mica noir (biotite).

Nous signalons, que ces argiles se présentent sous forme des lambeaux, discontinués qui dépassent 100 mètres de longueur sont emballées dans les marnes. Ces argiles benthoniques sont recherchées le long d'Oued, qui entaille plus ou moins profondément la couverture pédologique et marneuse. Ces argiles sont exploitées au moyen de longues tranchées étroites et peu profondes.

### 1.3. Unité marneuse

Elle est représentée essentiellement par une sédimentation marno-argileuse benthonique. Elle débute par une alternance régulière et rapprochée, d'une épaisseur de 3 m, qui devienne vers la suite plus dilatée avec une croissance des épaisseurs concernant les combes marneuses et une disparition progressive des niveaux argileux benthoniques. Les marnes ont une couleur grisâtre et un aspect plus ou moins indurées.

## 2. Coupe de la couche VII

Cette coupe intéresse seulement le terme des argiles benthoniques situé dans les alternances marno-argileuses (unité marneuse) de la coupe précédente ; ce qui permet de compléter notre étude sur les argiles benthoniques dans le secteur de M'Zila et la région de Mostaganem.

Cette coupe représentée sous forme d'une combe argileuse à toucher tendre à grumeleux (Fig. 9), de couleur blanchâtre à verdâtre. Ces argiles benthoniques ne montrent aucune intercalation et présentent dans sa partie superficielle des concrétions en forme de pop-corne.

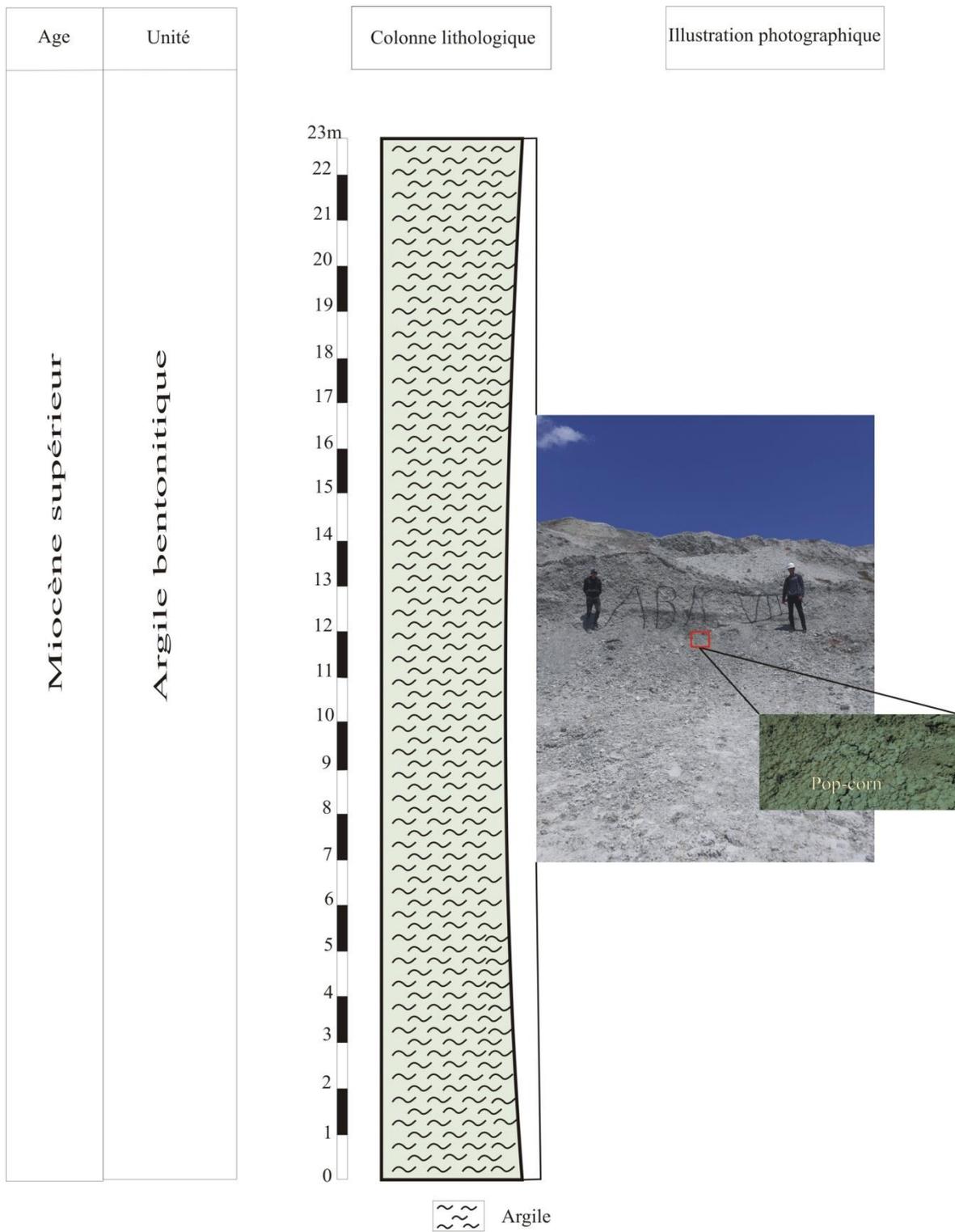


Fig. 9- Colonne lithologique représentant la couche VII

#### IV. STADES D'EXPLOITATION DES ARGILES BENTONITIQUES

Dans les carrières de M'Zila, l'exploitation des argiles bentonitiques passent par des différents stades et qui sont successivement :

##### A. Stade de découverte

Ce stade est résumé comme suit :

Travaux réalisés	à	Mise a nue de la couche de bentonite, dans le sens de sa direction et de son pendage, par décapage du stérile qui se trouve au dessus de la couche (Fig. 10). Longueur moyenne : 100 m. La découverte mettra en évidence un tonnage de l'ordre de <b>27800 Tonnes</b> de tout venant.
------------------	---	---

Moyens nécessaires.	Moyens disponibles	Etats	Ecart	Plan d'action
1 Bulldozer	1 Bulldozer	Moyen	0	-
01 Conducteur	1	-	0	-



Fig. 10- Décapage du stérile

## B. Stade d'abattage ou d'extraction

Nous résumons ce stade comme suit :

Travaux à réaliser	Abattage de la bentonite à partir du front de taille, à l'aide de la pelle excavatrice (Fig. 11) pour la réalisation de <b>17 500 T</b> en produit fini et une mise en stock intermédiaire			
Moyens nécessaires	Moyens disponibles	Etats	Ecart	Plan d'action
1 Pelle excavatrice	1	-	0	-
1 conducteur de pelle	1	-	0	



Fig. 11- Extraction de la bentonite

### C. Stade de chargement et transport

Ce dernier stade est résumé dans le tableau ci-dessous :

Travaux à réaliser	Chargement à l'aide d'une pelle chargeuse, à partir de stocks tampons du T.V et du T.V extrait dans les diverses carrières, et son transport sur une distance de 40 Km, reliant la carrière à l'usine à l'aide de 2 camions de 15 t. Un camion de 13 t, affecté à la mise en stock assure aussi une rotation en fin de journée.			
Moyens Nécessaires	Moyens disponibles	Etat	Ecart	Plan d'action
03 Camions	03	dégradé	0	-
01 Pelle chargeuse	01	Bon	0	-
04 Conducteurs	04	---	0	-



Fig. 12- Chargement et transport

### V. CALCUL DU RESERVE

Pour calculer et faire une estimation de calcul de réserve il existe plusieurs méthodes afin de calculer les réserves géologiques et exploitables. Veuillez également noter qu'il existe des méthodes mathématiques classiques et des méthodes informatiques. L'application de ces méthodes nécessite un logiciel topographique dont son nom est « AUTO CAD ».

A l'aide d'un plan topographique de la carrière et logiciel (AUTO CAD) nous avons calculé la zone entre deux courbes de niveau interconnectées en respectant bien sur les limites professionnelles de la carrière.

-Nous introduisons les données répertoriés dans Excel en tenons compte la somme de l'aire entre toutes les deux courbes horizontales.

-Nous calculons la distance (d) entre les deux courbes de niveau.

-Par la suite le volume des réserves est calculé en appliquant l'équation suivante :

$$v_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \times d$$

-Afin d'obtenir une estimation des réserves totale nous calculons la somme des volumes avec l'équation suivante :

$$v = \sum_{i=1}^n v_i$$

Les réserves totales du gisement de M'Zila, jusqu'à une profondeur de 10 mètres mesurée le long du pendage, s'élèvent à 1.038.600 tonnes.

#### **A. Estimation des réserves exploitables**

A l'aide du AUTOCAD et l'Excel on suit les étapes suivante :

1- avec l'AUTOCAD :

-on fractionne les zones exploitables en des coupes

-on fait des estimations et des calculs de chaque de ces coupes.

-on calcule et on fait une estimation de la distance(d) entre chaque de ces coupes

2- avec Excelle

-on tient compte la somme des surfaces (s) entre chaque deux coupe

-on fait des calculs de volume des réserves exploitables dont il est calculé par l'équation suivante

$$v_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \times d$$

-on fait la somme des volumes.

$$v = \sum_{i=1}^n v_i$$

## B. Donnée de base

En 1971, la SONAREM a réalisé un ensemble de levés topographiques, de tranchées et de sondages dans le but d'établir les réserves de bentonite de M'Zila.

Les couches de bentonite ont été identifiées de I à XIV et évaluées (les couches II, V, VI, VIII et IX non prises en considération dans le calcul des réserves).

Après ces travaux, les réserves de bentonite contenues dans les 7 couches les plus importantes (III, IV, VII, X, XI, XII, et XIV) s'élevaient à 2 230 000 tonnes, sur la base des données suivantes :

- Longueur moyenne des 7 couches : 2.400 mètres
- Epaisseur horizontale totale des 7 couches : 31 mètres
- Angle de pendage des couches : 36°50'
- Profondeur mesurée le long du pendage : 25 mètres
- Densité de bentonite : 2,0

Suite aux travaux de recherche menus sur les couches 7 et 14 dont leurs caractéristiques sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Couches	Caractéristiques géométriques			Eléments de gisement		Réserve exploitable
	Longueur en m	Largeur en m	Epaisseur en m	Azimet Direction	Angle de Pendage	
VII	60	12	07	70	35	12000 tonne
XIV	165	12	06	90	40	19200 tonne

Tab. 02- Sommaire des caractéristiques des deux couches de bentonite du gisement M'Zila

Le tableau 02 présente un sommaire des principales caractéristiques de couche VII et XIV du gisement de M'Zila. On se basant sur ces caractéristiques, on a pu mesurer la réserve exploitable pour les deux couches (XIV et VII). Ce réserve est calculé par équation suivante :

- Réserve exploitable= épaisseur × largeur× profondeur× densité
- Réserve exploitable de la couche VII= 2 × 150 × 20 × 2
- Réserve exploitable de la couche VII= 12000 tonne
- Réserve exploitable de la couche XIV= 6 × 80 × 20 × 2
- Réserve exploitable de la couche XIV= 19200 tonne

On constate que le minerai est exploité au moyen de carrières étroites et allongées. La largeur limitée de ces carrières est imposée par l'épaisseur relativement faible des couches de bentonites, et par le taux de découverte qui devient rapidement prohibitif lorsque la largeur d'exploitation augmente.

### C. Mouvement des réserves année 2020

Une mise à jour récente, préparée par l'unité de l'ENOF à Mostaganem (Tab. 03), établissait les réserves du gisement M'Zila à 1244962 tonnes en date du 31 décembre 2020. Ces réserves se subdivisent de la façon suivante : 320402 tonnes de catégorie B, 242 800 tonnes de catégorie C1 et 681760 tonnes de catégorie C2.

Nous signalons que, toutes ces réserves sont classées dans la catégorie des réserves probables, sauf celles qui sont préparées pour l'exploitation. Ces dernières sont considérées comme des réserves prouvées.

Réserves	Réserves au 31.12.2019	Réserves augmentées	Réserves extraites	Réserves au 31.12.2020
Catégorie B	334102	11500	25200	320402
Catégorie C1	242800	0	0	242 800
Catégorie C2	681760	0	0	681760
Réserves géologiques (B+C1+C2)	1258662	11500	25200	1244962

Tab. 03- Résultats des réserves géologique du gisement M'Zila durant l'année 2020

### D. Evolution des réserves par catégories et types de bentonite en 2020

Les résultats des réserves géologiques par catégories et types des argiles bentonitiques du chantier M'Zila sont résumé dans le tableau ci-dessous (Tab. 04) :

Catégorie	Réserves par type de bentonite en Tonnes		
	Forage	Autres	Total
<b>B</b>	188366	132036	320402
<b>C1</b>	0	242800	242800
<b>C2</b>	251200	430560	681760
<b>TOTAL</b>	439566	805396	1244962

Tab. 04- Résultats des réserves géologiques par catégorie et types de la bentonite

Dont :

B1 : représente le pourcentage certain de 90% de la bentonite exploitable.

C1 : représente 60% de la bentonite

C2 : représente 30% de la bentonite exploitable

## **I. INTRODUCTION**

Dans cette étude on s'intéresse particulièrement à analyser et interpréter les données pétro-physiques et géochimiques de la fraction argileuse exploitée dans le chantier de M'Zila pour obtenir un complément d'information sur la qualité des argiles bentonitiques constituant le gisement.

Il est à noter que l'analyse géochimique est limitée à cinq niveaux repères dans les deux couches d'argiles bentonitiques (trois échantillons prélevés dans la couche XIV et deux échantillons pour la couche VII). Cette analyse des faciès argileux bentonitiques, nous renseigne suffisamment sur le cortège minéral qui constitue ces argiles.

## **II. ETUDE DES PARAMETRES PETRO-PHYSIQUES**

Pour le but de déterminer l'orientation et la qualité du produit fini, on prépare à partir de la matière première bentonite avec des variations de dosage du carbonate du sodium et oxyde du magnésium. A partir de la mesure des paramètres pétro-physiques telle que la viscosité, le gonflement et le filtrat, on peut déduire et savoir le type de notre échantillon.

L'unité du Mostaganem produit 4 types de bentonite :

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

### **A Bentonite du forage**

#### **1. Calcul de refus**

Résidu 75 $\mu$  en % =  $100 \times \text{Poids du résidu} \div \text{poids de l'échantillon}$ .

$$R_{75 \mu} = 100 \times (1.4 \div 50)$$

$$R_{75 \mu} = 2.8\%$$

Donc le taux du refus calculé est égale 2.8%

#### **2. Calcul de la viscosité**

Après la lecture sur le viscosimètre, la viscosité de notre échantillon est 19 cp.

Nous constatant que la viscosité des argiles bentonitiques du chantier de M'Zila est supérieur à 16 cp à l'état naturel et qui après traitement donnera un produit fini de paramètres rhéologiques répondant aux normes API pour l'utilisation comme un boue de forage.

### 3. Calcul d'humidité

$$\text{Humidité} = \frac{\text{perte en poids}}{\text{perte de l'échantillon}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{-Perte en poids} &= 10 - 8.78 \\ &= 1.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Humidité} &= \frac{1.22}{10} \times 100 \\ &= 12.2\% \end{aligned}$$

### 4. Calcul du filtrat

D'après la lecture sur l'éprouvette nous observons une valeur supérieure à 25 ml pour le filtrat, ce qui indique que notre produit est non conforme.

### 5. Calcul l'indice du gonflement

L'indice du gonflement est obtenu par l'équation suivante :

$$V' = 100 \times V / (100 - M) \text{ dont :}$$

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

V = volume de dépôt

M = teneur en humidité

$$V' = 100 \times 9 \div (100 - 12.2)$$

$$V' = 10.25$$

Donc le taux d'indice du gonflement est égale 10.25

## **B. bentonite de charge industrielle (BCI)**

### 1. Calcul de refus

Résidu 75 $\mu$  en % = 100. Poids du résidu / poids de l'échantillon.

$$R_{75 \mu} = 100 \times (1.2 \div 50)$$

$$R_{75 \mu} = 2.4\%$$

Donc le taux du refus calculé est égale 2.4%.

### 2. Calcul de la viscosité

Après la lecture sur le viscosimètre, la viscosité du notre échantillon est de l'ordre de 10 cp, ce qui révèle que ce type de la bentonique est destiné aux charges industrielles et la fonderie.

### 3. Calcul d'humidité

$$\text{Humidité} = \frac{\text{perte en poids}}{\text{perte de l'échantillon}} \times 100$$

-Calcul perte en poids : 10 - 9.40 = 0.6

$$\begin{aligned} \text{Humidité} &= \frac{0.6}{10} \times 100 \\ &= 6\% \end{aligned}$$

Donc le taux d'humidité mesuré est égale 6%

### III. ESSAIS DE TRAITEMENT DE LA BENTONITE

#### A. Procès de traitement de la bentonite

Le procès de traitement des argiles bentonitiques dans l'usine de traitement de Mostaganem est résumé dans le schéma suivant (Fig. 13) :

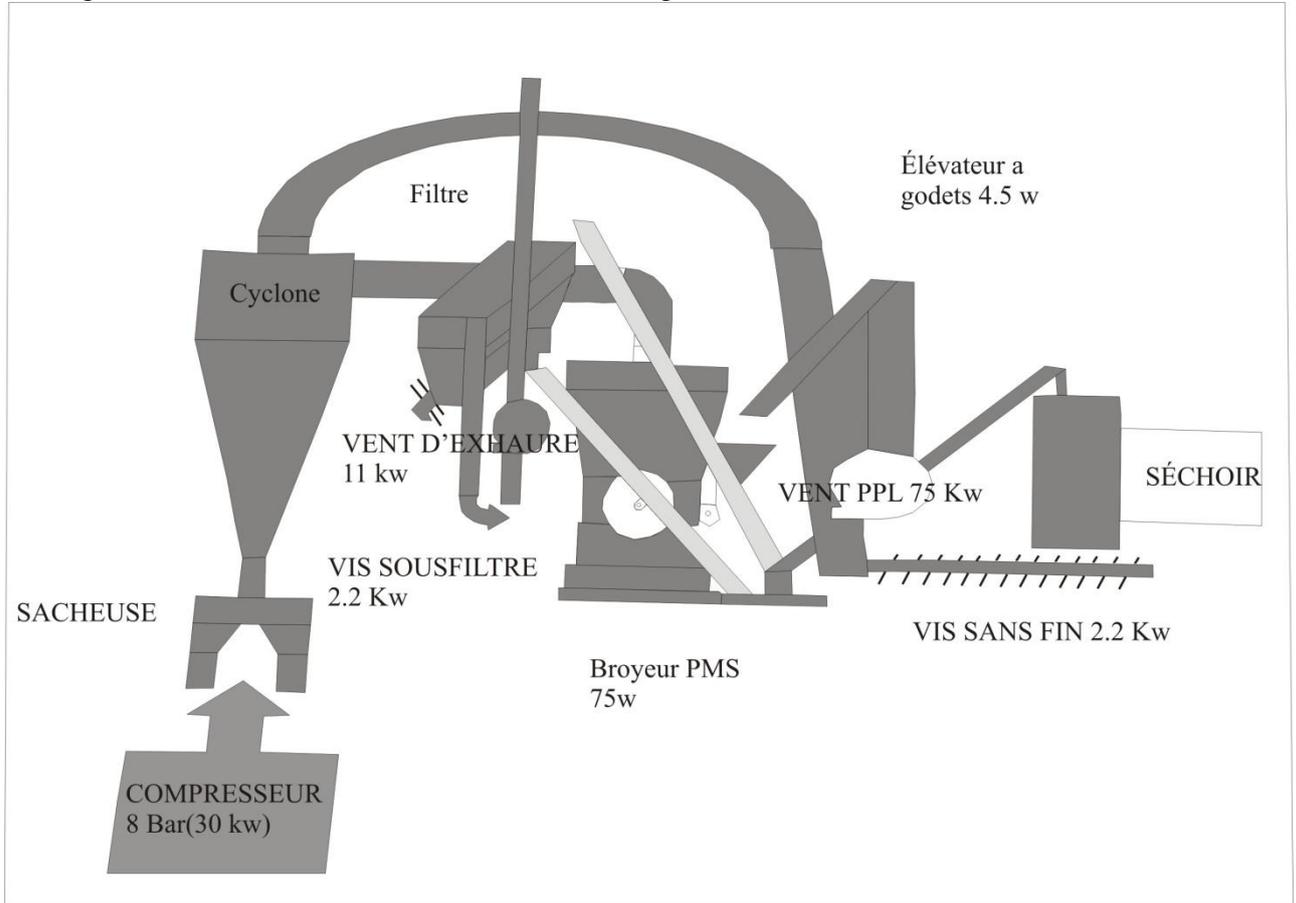
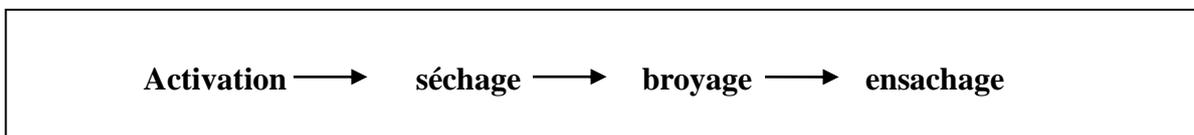


Fig. 13-Schéma explicatif de processus de traitement de la bentonite de Mostaganem

Dans le service de production, le produit fini est obtenu après le passage par les démarches suivantes :



## 1. Activation

Le silo d'alimentation (Fig. 14) de la section activation est muni d'un dispositif ayant pour fonction de prévenir la formation d'arche. La bentonite brute est soutirée du silo à l'aide d'une table rotative à vitesse variable. La bentonite extraite se déverse sur un convoyeur à bande, lequel alimente un mélangeur à grande intensité d'agitation. Des doseurs à vis sans fin déversent le carbonate et la magnésie sur le convoyeur d'alimentation du mélangeur. Ce convoyeur est équipé d'une balance (bascule) laquelle indique le taux d'alimentation et totalise le volume de bentonite brute transporté au mélangeur. Le taux d'alimentation est fixé par ajustement manuel de la vitesse de la table rotative. Puis le mélange passe à travers la goulotte (Fig. 15) vers un séchoir rotatif alimenté par une.



Fig. 14- Silo d'alimentation



Fig. 15- Goulotte

## 2. Séchage

Dans cette étape, le mélange se met dans le séchoir rotatif (Fig. 16) dont son diamètre de 1525mm et de 12200m de la longueur pour baisser le taux d'humidité du mélange d'environ 30 % initiale a un niveau 15%. L'énergie thermique du séchoir est fournit par une chambre de combustion (Fig. 17) où on injecte du gaz naturel et qui va réagir avec l'oxygène pour produire de la chaleur dont sa capacité est 1750000 kcal.



Fig. 16- Séchoir rotatif



Fig. 17- Chambre de combustion

### 3. Broyage

Il existe plusieurs types de broyeur comme le broyeur à pendule (Fig. 18), broyeur à marteau. Dans notre cas, le broyeur est à pendule, le diamètre interne de son anneau de broyage est de 1 370 mm et il est équipé de deux portes d'extraction de sable. La finesse granulométrique du produit fini est contrôlée par un classificateur à air de type Whizzer, qui se trouve à la partie supérieure du broyeur.



Fig.18- Broyeur à pendule

### 4. Ensachage

Dans cette dernière étape, on conditionne le produit fini dans l'emballage de 1250 kg big-bag (Fig. 19) ou en vrac selon la demande du client. Ensuite, les sacs chargés sont déplacés par un chariot élévateur et stockés dans l'entrepôt.



Fig. 19- Sac big bag 1250 kg

#### IV. ANALYSE GEOCHIMIQUE PAR RAYON DIFFRACTION RAYON X

Pour les analyses géochimiques de DRX, nous avons sélectionné cinq échantillons d'argiles dans les deux couches bentonitiques de secteur de M'Zila ; trois échantillons le long de la couche quatorze ; les deux autres dans la couche sept. Ces mesures ont pour but de reconnaître le para genèse minérale qui constitue ces argiles.

Les résultats :

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1. En comparant les pourcentages géochimiques, on voit une différenciation entre les valeurs de la couche quatorze et les valeurs de la couche sept. Ces valeurs ont été replacées sur les tableaux 4 et 5(annexe I, Tab.1 et 2).

##### 1. Couche XIV

L'interprétation des données géochimiques des argiles bentonitiques de la couche XIV (Fig. 10) a révélé que les minéraux argileux sont constitués essentiellement de la Kaolinite (dont le pourcentage varie entre 3.5 et 12%), L'Illite (leur pourcentage varie entre 6 et 14 %) et la Montmorillonite. Ce dernier minéral est enregistré uniquement dans la partie sommitale de ces argiles avec un faible pourcentage qui ne dépasse pas 4.6%.

Les minéraux non argileux sont composés d'un assemblage de minéraux, essentiellement : la Calcite (27% de moyenne), le Quartz (36% de moyenne), la Microcline (9%), le Corundum (4.03%de moyenne), l'Albite (ne dépasse pas le 6%), Lime (<5%), Chabazite-Ca (4%), AlHO<sub>2</sub> (4%), Periclase (3.03%de moyenne), Portlandite (<2.9%), Katoite (2%), Wuestite 2%), Magnetite-h (1.3%), Maghemite (0.9%), Hematite (0.5%) et Geothite (0.2%).

##### 2. Couche VII

Les résultats obtenus à partir de l'analyse géochimiques des argiles bentonitiques de la couche IIV, nous a permis d'identifier deux types de minéraux argileux et treize minéraux non argileux (Fig. 11).

Les minéraux argileux sont représentés par l'Illite (sa valeur varie entre 22 et 38%) et la Montmorillonite (sa teneur varie entre 5.4 et 8.3%). Cependant les minéraux non argileux sont composés essentiellement de quartz (sa teneur varie entre 4.4 et 23%) et Heulandite (leur pourcentage varie entre 20.6 et 26.4 %). Ces deux minéraux non argileux sont associés à des autres minéraux non argileux en trace, telle que : la Calcite (1.8 à 6.5%), Corundum (9.4%), Wuestite (2.3 à 3.3), Magnetite (1.6 à 2.4%), Periclase (2.6%), Orthoclase (9%), katoite (5%), mgo (4.2%), eta-Al-oxid\_fit2gmn (2.1%) et Na<sub>7.45</sub>(Al<sub>7.76</sub>Si<sub>40</sub>).

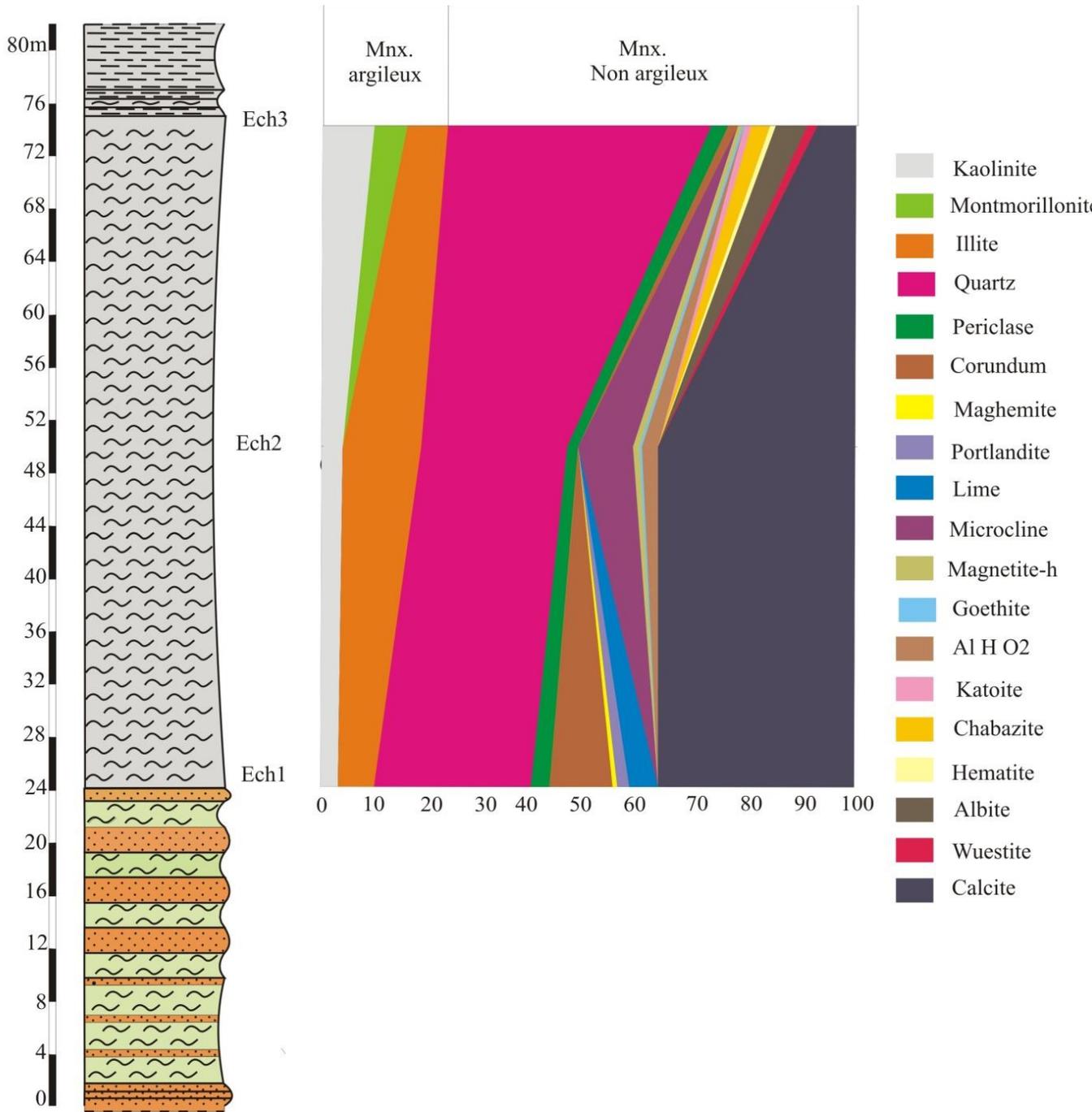


Fig. 20-Evolution verticale des minéraux argileux et non argileux le long de la couche XIV

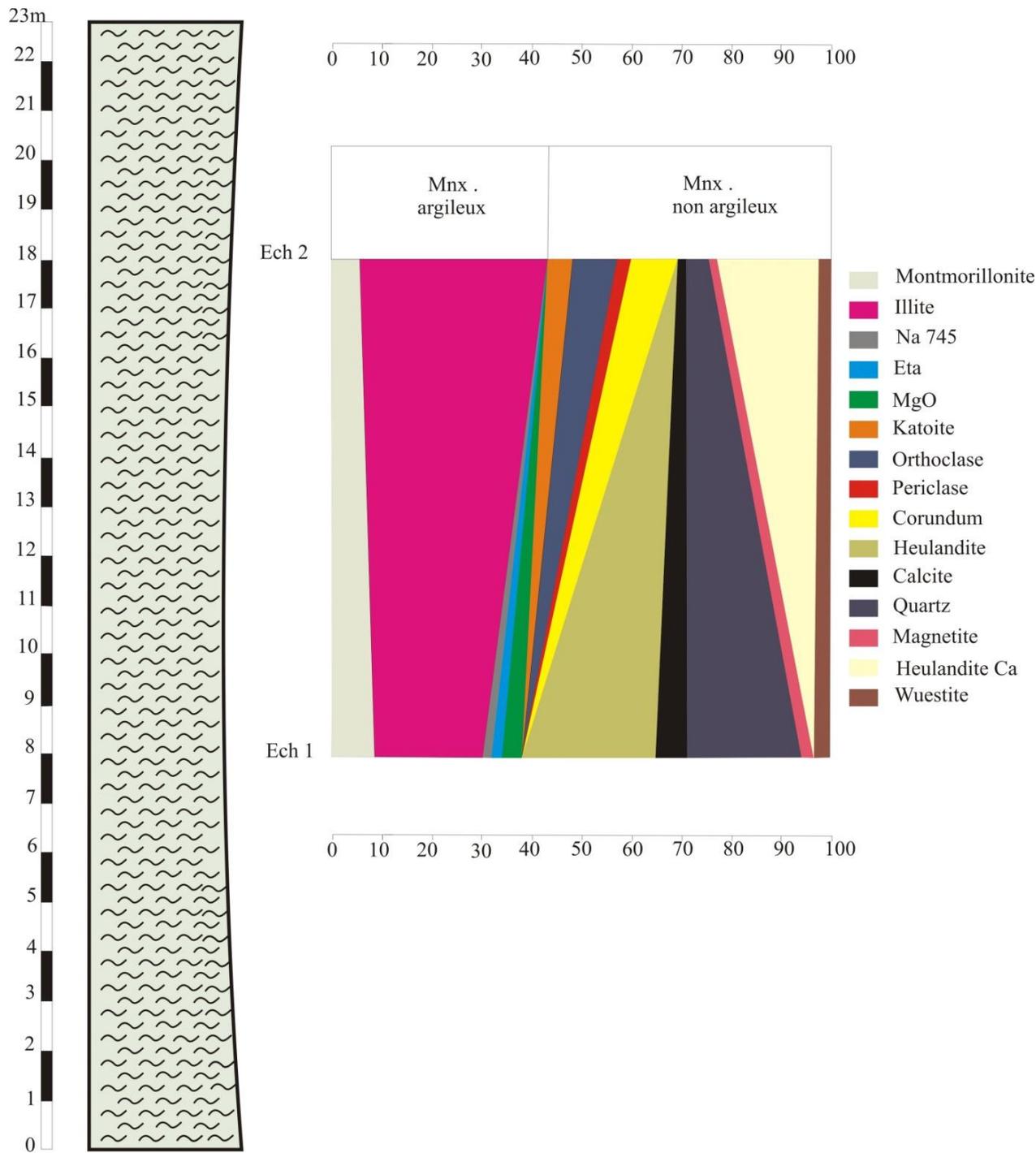


Fig. 21-Evolution verticale des minéraux argileux et non argileux le long de la couche VII

## CONCLUSION GENERALE

Les argiles bentonitiques du chantier du M'Zila de la région de wilaya de Mostaganem à fait l'objet d'une étude multidisciplinaires :

### **Lithologie :**

Lithologiquement, le gisement des argiles bentonitiques du « chantier M'Zila » se situe sur le flanc Nord de synclinal de M'Zila. Ce dernier se présente en une synclise dissymétrique, orienté Nord-Sud. Il se caractérise par la présence d'une épaisse série marneuse admettant quatorze couches d'argiles bentonitiques.

Cependant, la couche XIV est formée essentiellement d'argiles bentonitiques tendres, de couleur grisâtre. Cette unité admette, accessoirement des minces pellicules micacées. Par contre, la couche VII est représentée sous forme d'une combe argileuse à toucher tendre à grumeleux, de teinte blanchâtre à verdâtre, présente dans sa partie superficielle des concrétions en forme de pop-corn.

Les réserves du gisement s'élèvent à 1 244 962 tonnes, en date du 31 décembre 2020. Toutes ces réserves sont classées dans la catégorie des réserves probables, sauf celles qui sont préparées pour l'exploitation. Ces dernières sont considérées comme des réserves prouvées.

### **Analyse pétro-physique**

Les résultats des analyses pétro-physiques effectués sur les échantillons prélevés lors de notre mission de terrain permettent d'établir les principales caractéristiques pétro-physiques des deux couches étudiées. Ces paramètres déterminent les applications industrielles de la bentonite exploitée dans le chantier M'Zila.

La bentonite de la couche XIV possède une valeur bonne en viscosité pour les boues de forage (19 cp) et une valeur en filtre presse non conforme. En revanche, la bentonite de la couche VII possède une valeur en viscosité satisfaisante pour la charge industrielle (10 cp), bien que, sa valeur en filtre presse soit généralement non conforme.

### **Analyse géochimique**

L'interprétation des données géochimiques des argiles bentonitiques de la couche XIV a révélé que les minéraux argileux sont constitués essentiellement de la Kaolinite et l'Illite. Ces deux minéraux sont associés localement par la Montmorillonite. Les minéraux non argileux sont composés en majorité de la Calcite et du Quartz.

Par ailleurs, Les résultats obtenus à partir de l'analyse géochimiques des argiles bentonitiques de la couche VII, nous a permis d'identifier deux types de minéraux argileux qui sont représentés par l'Illite et la Montmorillonite. Cependant les minéraux non argileux sont composés généralement par le quartz et Heulandite.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- BELKEBIR L. (1986)** – le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra (Algérie) : bio stratigraphie, paléontologie. *Thèse. Doct. Univ. Aix-Marseille* 1,289 p.
- BELEKBIR L, BESSEDIK M ; AMEUR –CHEHBEUR A.et ANGLADA R. (1996)**- Le Miocène supérieur du bassin du Chélif : attribution biostratigraphique à partir des foraminifères planctoniques. *Mémoire des services géologiques d'Algérie* 11, pp .187-194.
- BESSEDIK M. et BELKEBIR M. (1991)** – Essai de synthèse bio stratigraphique du Miocène post – et syncro nappes en Oranie (Tafna, Bas Chélif). *II<sup>ème</sup> Séminaire (Géologie pétrolifère)*. Boumerdes, pp.32-34.
- CORNEE J.J SAINT MARTIN J.P; CONESA G .et MULLER J. (1994)** – GEOMETRY, paleoenvironments and relative sea – level ( accommodation space) changes in the messinian Murdjadjo carbonate plate form Oran western Algeria) : consequences. *Sedimentary Geology*, 89, pp. 143-158.
- DELFAUD J., MICHAUX J., NEURDIN J. et REVERT J. (1973)** – Modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne. Evolution de la région oranais (Algérie) au Miocène supérieur. Conséquence stratigraphique. *Bull. Soc. Hist. Natur. Afr. Nord Alger*, 64, pp. 219-241.
- DELTEIL J. (1974)** – Tectonique de la chaine alpine en Algérie d'après l'étude de Tell oranais oriental (Monts de la Mina, Beni Chougrane, Dahra). *Thèse és-sciences*, Univ. Nice, Sci. Nat., 249 p.
- FENET B. (1975)** – Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain a partir de l'étude d'un élément de l'orogène nord – maghrébin : les Monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. *Thèse Sc. Nice*, 301 p. , 101fig., 4 pl.
- GOURINARD Y. (1958)** – Recherches sur la géologie du Littoral oranais. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, 6. 200 p.
- GUARDIA P. (1975)** – Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. *Thèse sciences*, Univ.Nice, 286 p.
- PERODDON A. (1957)** – Etude géologique des bassins néogène sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Pub. Serv. Cart. géol. Algérie. n. s., Alger, Bull. n<sup>o</sup> 12, Serv .Carte géol.*, 382 p.
- ROUCHY J. M. (1982)** – La genèse des évaporites messéniennes de Méditerranée. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris (c), 50, 267 p.
- ROUCHY JC; Colasse B et Pave F. (2007)**. « Les pionniers français de l'intervention psychologique en entreprise » in *Gérer et comprendre* une série des Annales des Mines, No.89 pp. 4-15.
- SAINT MARTIN J. P. (1987)** – Les foraminifères récifales coralliens du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. Aspects paléo écologiques et paléogéographique. *Thèse de Doct. d'état*, Univ. d'aix Marseille 499 p.
- SAINT MARTIN J ; P. (1990)**- Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. *Mém. Mus. Nat. Hist. Paris*, 56, 366 p.

## LISTE DES FIGURES :

Fig. 1- Situation géographique générale du bassin du Bas Chéelif.....	08
Fig. 2- Situation géographique de la région d'étude.....	09
Fig. 3- Carte géologique du bassin du Bas Chéelif.....	11
Fig. 4- Agitateur .....	13
Fig. 5- Viscosimètre.....	13
Fig. 6- Filtre presse .....	15
Fig. 7- Photo satellitaire montrant le périmètre carré de gisement de M'Zila.....	18
Fig. 8- Colonne lithologique représentant la couche XVI.....	19
Fig. 9- Colonne lithologique représentant la couche VII.....	21
Fig. 10- Décapage du stérile.....	22
Fig. 11- Extraction de la bentonite.....	23
Fig. 12- Chargement et transport.....	24
Fig. 13-Schéma explicatif de processus de traitement de la bentonite de Mostaganem.....	31
Fig. 14- Silo d'alimentation.....	32
Fig. 15- Goulotte.....	32
Fig. 16- Séchoir rotatif.....	32
Fig. 17- Chambre de combustion.....	32
Fig.18- Broyeur à pendule.....	33
Fig. 19- Sac big bag 1250 kg.....	33
Fig. 20-Evolution verticale des minéraux argileux et non argileux le long de la couche XIV	35
Fig. 21-Evolution verticale des minéraux argileux et non argileux le long de la couche VII	36

## LISTE DES TABLEAUX

Tab. 1- Comparaison entre la composition chimique de la bentonite du chantier M'Zila et Maghnia et celle de bentonite exploitée dans différents gisements du monde, telle que : du L'inde, du Grec, du Wyoming.....	17
Tab. 02- Sommaire des caractéristiques des deux couches de bentonite du gisement M'Zila.....	26
Tab. 03- Résultats des réserves géologiques du gisement M'Zila durant l'année 2020.....	27
Tab. 04- Résultats des réserves géologiques par catégorie et types de la bentonite.....	27

**ANNEXE**

Minéraux		Echantillons		
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
Minéraux argileux	Kaolinite	3.5	4.4	12
	Montmorillonite	-	-	4.6
	L'illite	6	14	7
Minéraux non argileux	Calcite	37	37	7
	Quartz	30	28	50
	Maghemite	0.9	-	-
	Wuestite	-	-	2
	Portlandite	2.9	-	-
	Lime	5	-	-
	Corundum	10.6	-	1.5
	Periclase	3.7	2.2	3.2
	Katoite	-	-	2
	Chabazite-Ca	-	-	4
	Albite	-	-	6
	Hematite	-	-	0.5
	Goethite	-	0.1	0.2
	Microcline	-	-	9
	AL H O2	-	4.4	-
Magnetite-h	-	1.3	-	

Tab. 1 : Résultat d'analyse chimique des argiles bentonitiques de la couche XIV.

Minéraux		Echantillons	
		Ech 1	Ech 2
Minéraux argileux	Montmorillonite	8.3	5.4
	L'illite	22	38
Minéreau x non argileux	Calcite	6.5	1.8
	Quartz	23	4.4
	Heulandite	26.5	20.5
	Na <sub>7.45</sub> (Al <sub>7.76</sub> Si <sub>40.24</sub> O <sub>96</sub> )(H <sub>2</sub> O) 32	1.7	-
	Eta- Al- oxide _ fit2gmn	2.1	-
	Mgo	4.2	-
	Magnetite	2.24	1.6
	Wuestite	3.3	1.6
	Katoite	-	5
	Orthoclase	-	9
	Periclase	-	2.6
	Hematite	-	-
	Corundum	-	9.4

Tab. 2 : Résultat d'analyse chimique des argiles bentonitiques de la couche VII.

---

# MEMOIRE DE MASTER

**Type de Master : Professionnel**

**Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers**

**Filière : Géologie**

**Spécialité : Géo-Ressources**

**Titre du mémoire : CARACTERISATION PHYSICO CHIMIQUE D'UN GISEMENT DE BENTONITE ; EXEMPLE : GISEMENT DE M'ZILA « ACHASTA » NORD MOSTAGANEM.**

**Auteur: Okba Abd Mounib BELAID & Mohamed Habib BENGANA**

## Résumé

Les couches d'argiles bentonitiques exploitées par ENOF bental affleurent en périphérie du synclinal de M'Zila, à environ 10 km à l'Est du village d'Achastas. A cet effet, la présente étude nous a permis d'identifier quatorze couches de bentonites à l'intérieur d'une séquence de roches sédimentaires d'âge Miocène supérieur, en interstratification avec des marne, silstones et des calcaires marneux. Il est à noter que seulement la septième et la quatorzième couche ont fait l'objet de notre étude, à cause de sa bonne épaisseur (réserve). Ce dernier est estimé à 81596 tonne pour la couche XIV et 405700 tonne pour la couche VII.

Les analyses des paramètres pétro-physiques montrent que la bentonite exploitée de la couche XIV possède une valeur en viscosité supérieur à 16 cp. Cette dernière valeur est satisfaisante pour les boues de forage.

**Mots-clés :** argiles bentonitiques ; M'Zila ; Achasta ; couche XIV ; couche VII ; paramètres pétro-physiques ; géochimiques

Conséquemment, la bentonite extraire de la couche VII possède une valeur en viscosité égale ou inférieur à 10 cp, qui peut servir dans la bentonite de charge industrielle.

Par ailleurs, l'interprétation des données géochimiques des argiles bentonitiques de la couche XIV a révélé que les minéraux argileux sont composés essentiellement de la Kaolinite et l'Illite. Ces deux minéraux sont associés localement par la Montmorillonite. Les minéraux non argileux sont formés en majorité de la Calcite et du Quartz.

Parallèlement, Les argiles bentonitiques de la couche VII, sont constituées de deux types de minéraux argileux qui sont représentés par l'Illite et la Montmorillonite. Cependant les minéraux non argileux sont composés généralement par le quartz et Heulandite.

