

MEMOIRE

Présenté

à

L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN
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

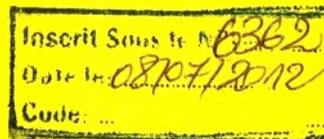
LE DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE

Spécialité

Géo-Ressources

par

Abderrahim MELKI



ETUDE ANALYTIQUE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES ET
HYDRIQUES DE DEUX TYPES DE BENTONITE (exemple de la bentonite
de Maghnia et de la bentonite de Mostaganem)

Soutenu le 04 juillet 2012 devant les membres du jury :

Fatiha HADJI, MA (A), Univ. Tlemcen
Houcine Abdelhakim REGUIEG YSSAAD, MC (A), Univ. Mostaganem
Kamel Mustapha TALEB, MA (A), Univ. Tlemcen
Amar DAHMANI, Professeur, Univ. Tlemcen
Kama Eddine BENSEFIA, MA (A), Univ. Tlemcen

Président
Encadreur
Co-Encadreur
Examineur
Examineur



MEMOIRE

Présenté

à

L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEM
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 ACADEMIQUE

Spécialité

Géo-Ressources

par

Abderrahim MELKI

ETUDE ANALYTIQUE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES ET
HYDRIQUES DE DEUX TYPES DE BENTONITE (exemple de la bentonite
de Maghnia et de la bentonite de Mostaganem)

Soutenu le 04 juillet 2012 devant les membres du jury :

Fatiha HADJI, MA (A), Univ. Tlemcen

Houcine Abdelhakim REGUIEG YSSAAD, MC (A), Univ. Mostaganem

Kamel Mustapha TALEB, MA (A), Univ. Tlemcen

Amar DAHMANI, Professeur, Univ. Tlemcen

Kama Eddine BENSEFIA, MA (A), Univ. Tlemcen

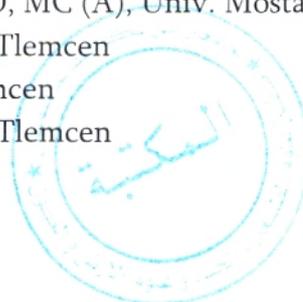
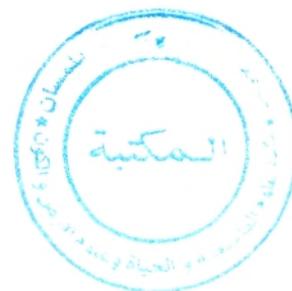
Président

Encadreur

Co-Encadreur

Examineur

Examineur



DEDICACES

A mes parents,

à mes frères et sœurs,

à mes amis

à tous ceux qui me sont chers.



AVANT-PROPOS

Au moment où s'achève la rédaction de la présente thèse il m'est tout particulièrement agréable d'exprimer mes sincères remerciements à l'ensemble des personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Je commencerai par exprimer mes sincères remerciements à Monsieur **REGUIEG YSSAAD H.A.**, Pour sa présence et son aide pertinente tout au long de ce travail, pour cela je lui exprime toute ma reconnaissance.

J'exprime mes vifs remerciements à Monsieur **TALEB K.M.**, enseignant au Département des Sciences de la Terre et de l'Univers qui n'a pas cessé de m'encourager durant la réalisation de ce mémoire.

Ma reconnaissance s'adresse également à Madame **HADJI F.**, Maître Assistant à l'université de Tlemcen, pour avoir bien voulu présider le jury de soutenance.

Je tiens également à adresser mes vifs remerciements à Messieurs **DAHMANI B.**, Professeur au Département de Chimie (Faculté des Sciences) et Monsieur **BENSEFIA K.E.**, enseignant et responsable du Master Géo-ressources, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'exprime mes vifs remerciements à Monsieur **MAROK A.**, Maître de Conférences à l'université de Tlemcen pour son encadrement pendant notre cursus.

Je souhaite témoigner de toute ma gratitude à Monsieur **BELKHODJA M.**, Professeur à l'Université Essenia d'Oran pour m'avoir accueilli et ses précieux conseils et informations et sa disponibilité durant mon stage.

J'exprime mes vifs remerciements à Monsieur **BENKHELIFA M.**, pour son aide et ses précieux conseils.

J'exprime mes vifs remerciements à tous mes enseignants qui nous ont encadrés pendant notre cursus.

Nombreuses sont les personnes qui à l'Unité de Bental de Maghnia et Mostaganem et laboratoire Régional Ouest des analyses de sol D'EL- Matmar (Relizane) m'ont apporté leur soutien et disponibilité, qui m'a permis d'effectuer mon travail dans de très bonnes conditions.

Pour terminer, j'exprime avec beaucoup d'émotion un geste d'amour et d'affection à toute ma famille, mes parents, mes frères, mes sœurs, mes tantes, mes oncles, mes cousins et cousines.

RESUME

L'objectif de notre travail consiste à étudier les dépôts néogènes et essentiellement les dépôts argileux qui sont l'une des caractéristiques du bassin néogène du Bas Chélif et la plaine de Maghnia, présentant des propriétés spécifiques pour diverses applications.

Des échantillons ont été prélevés en trois points des deux gisements. Les paramètres physico-chimiques et hydriques des échantillons d'argile bentonitique prélevés ont été analysés : l'indice de gonflement, la matière organique, l'analyse granulométrique, pH, dosage du calcaire total, l'humidité, et détermination des caractéristiques API des suspensions préparées. Les résultats des analyses ont montré que la bentonite de Mostaganem possède certaines caractéristiques physico-chimiques spécifiques telles que la sodicité et la teneur relativement élevée du calcaire total et également une teneur assez importante de la matière organique. Enfin Les résultats trouvés montrent une différence très nette entre les deux bentonites étudiés.

Mots-clés: Bentonite, paramètres physico-chimiques, paramètres hydriques, matière organique, Hammam Boughrara, M'zila.

ABSTRACT

The objective of our work is studied of Neogene deposits mainly clay deposits that are a feature of Neogene Basin and the Lower Chelif Maghnia plain, with specific properties for various applications.

Samples were collected at three points of the two deposits. The physico-chemical parameters and water samples collected bentonite clay were analyzed: the swelling index, organic matter, particle size analysis, pH, total dosage of limestone, humidity, and rating API suspensions prepared. The analysis results showed that the bentonite Mostaganem has some specific physico-chemical characteristics such as sodicity and the relatively high content of total calcium and also a fair amount of organic matter. Finally the results show a clear difference between both bentonites studied.

Liste des tableaux

	Pages
Tableau 1 Classification des phyllosilicates.	5
Tableau 2 Composition chimique de la bentonite naturelle de Hammam Boughrara.	9
Tableau 3 Composition chimique de la bentonite naturelle de M'zila.	10
Tableau 4 Comparaison entre la composition chimique moyenne de la bentonite de <i>différentes régions</i> .	11
Tableau 5 Résultats d'analyses granulométrique et physico-chimiques des trois échantillons de bentonite de Mostaganem et de Maghnia à l'état brut.	28
Tableau 6 Résultats d'analyses des caractéristiques hydriques des échantillons de bentonite (Roussel I - (Echantillon 2)) et (couche 14) à l'état brut.	30

Liste des figures

	Pages
Figure 1 Agencements des tétraèdres et des octaèdres	3
Figure 2 Familles argileuses	4
Figure 3 Carte de localisation des gisements d'argile bentonitique de la région de Mostaganem.	16
Figure 4 Localisation géographique de gisement de bentonite de Hammam Bouhrara.	17
Figure 5 Colonne stratigraphique du bassin du bas chelif dans la région de Mostaganem.	18
Figure 6 Carte géologique de la région de Hammam Bouhrara.	20
Figure 7 Plan de localisation des couches de bentonite de Mostaganem montrant les zones exploitées et supposées. (Annexes)	
Figure 8 Rapport du gisement d'argiles bentonitiques de Hammam Bouhrara. (Annexes)	
Figure 9 Localisation des échantillons dans la carrière Roussel I. (Annexes)	

I.4. Intérêts des argiles bentonitiques :	12
1- Protection environnementale	12
2- Le forage	12
3- Les céramiques	12
4- Les peintures	12
5- La pharmacie et la cosmétique	13
6- L'agroalimentaire	13
7- Décoloration des huiles	13
8- Bentonite de Fonderie	13
9- Géologie économique de deux gisements	14

Chapitre II

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

II .1. Contexte géographique : Situation de deux types de gisements bentonitiques	16
* Gisement de M'zila	16
* Gisement de Hammam Bouhrara	17
II. 2. Contexte géologique	17
a.- Les grands traits géologiques de la plaine de Maghnia et le bassin du Bas Chélif	
* Bassin du Bas Chélif	18
* Plaine de Maghnia	19
b- Cadre géologique des gisements étudiés	
* Gisement de M'ZILA	19
* Gisement de Hammam Bouhrara	21

Chapitre III

ETUDE EXPERIMENTALE

III.1 Matériel

Terrain

- * Prélèvement des échantillons 22

II.2 Méthodes

II.2.1 Analyses physico-chimiques des argiles bentonitiques 22

- III.2.1.1 Analyse de la viscosité à 600 tr/mn 23
- III.2.1.2 Perte au filtrat 23
- III.2.1.3 Refus 24
- III.2.1.4 Mesure de pH 24
- III.2.1.5 Dosage du calcaire total 25
- III.2.1.6 Analyse granulométrique de la bentonite brute 26

II.2.2 Analyses biochimiques

- * Mesure de la matière organique 26

II.2.3 Analyses hydriques

- * Mesure de l'humidité 26
- * Mesure de l'indice de gonflement 26

Chapitre IV

RESULTAS ET DISCUSSION

- IV .1-Analyses physico-chimiques et biochimique 28

- IV. 2- Analyses hydriques 30

- Conclusion générale 31

- Références bibliographiques 32

INTRODUCTION GENERALE

Les argiles présentent un intérêt croissant car leurs applications industrielles ne cessent de se diversifier. L'argile est connue sous le nom de "*bentonite*", largement utilisée dans de nombreux secteurs industriels. La bentonite est utilisée également dans l'industrie agroalimentaire et joue généralement le rôle d'un composant "viscosifiant" dans les boues de forage des puits pétroliers.

Les grands gisements d'argiles se rencontrent principalement dans la partie Nord-Ouest de L'Algérie dans les régions de Mostaganem et Maghnia avec d'importantes réserves exploitables en bentonite. Les propriétés physico-chimiques des argiles bentonitiques ont suscitées un intérêt particulier, en raison de leurs différentes utilisations dans le domaine industriel : forage pétrolier, agriculture, céramique, traitement des déchets, travaux de génie civil, pharmacologie et cosmétique, etc....

L'utilisation de la bentonite dans différents domaines d'activité, est liée aux propriétés originelles qu'elle possède telles que la capacité de gonflement et le pouvoir adsorbant. Néanmoins elle doit quelques fois subir des traitements pour utilisation spécifique. C'est le cas de la bentonite destinée aux fluides de forages et fonderie.

Dans une première étape, nous abordons une étude bibliographique qui englobe les études géographique et géologique des gisements et généralités sur les minéraux argileux, en particulier la bentonite et ses caractéristiques physico-chimiques dans différents usages.

La seconde étape de notre travail concerne le prélèvement des échantillons sur le terrain et analyses au laboratoire afin de déterminer les propriétés physico-chimiques et hydriques de la bentonite.

Enfin la dernière étape est consacrée à la discussion de nos résultats d'analyses avec d'autres travaux de recherches déjà réalisés.

Chapitre I

Données bibliographiques

I.1 LES ARGILES

L'argile est une matière première utilisée depuis la plus haute antiquité. Le mot argile vient du grec "argilos" dérivé de "argos" qui veut dire blanc, ou du latin "argila"; c'est la couleur du matériau utilisé en céramique qui a conduit les anciens à lui donner ce nom.

Les minéraux argileux sont des particules très fines, elles sont les constituants de nombreuses formations géologiques et des sols particulièrement recherchés pour certains types de cultures.

De nos jours, l'utilisation des argiles, notamment celles qui sont riches en SiO_2 et Al_2O_3 , connaît un nouvel essor dans la construction, la céramique industrielle et artisanale, l'industrie pharmaceutique, la poterie et dans divers autres applications (Hubert, 2009).

2- Classification des minéraux argileux

Les minéraux argileux sont des substances cristallines qui tirent leur origine d'altération chimique de certains minéraux composant la roche. Sur le plan chimique se sont des phyllosilicates d'aluminium dont les feuillets sont constitués de couches d'octaèdres $\text{Al}(\text{OH})_6$ et de couches de tétraèdres SiO_4 , reliées par les atomes O et OH mis en commun. La distance inter-réticulaire d sépare 2 feuillets successifs (Figure 1).

Les substitutions d'atomes sont fréquentes dans les feuillets. Tous les minéraux argileux sont de très petits cristaux colloïdaux. L'édifice cristallin peut être désorganisé (la cristallinité est moins bonne). D'autre part, il y a des déséquilibres au niveau des charges ; ce déséquilibre est compensé par adsorption de cations dans l'espace interfoliaire.

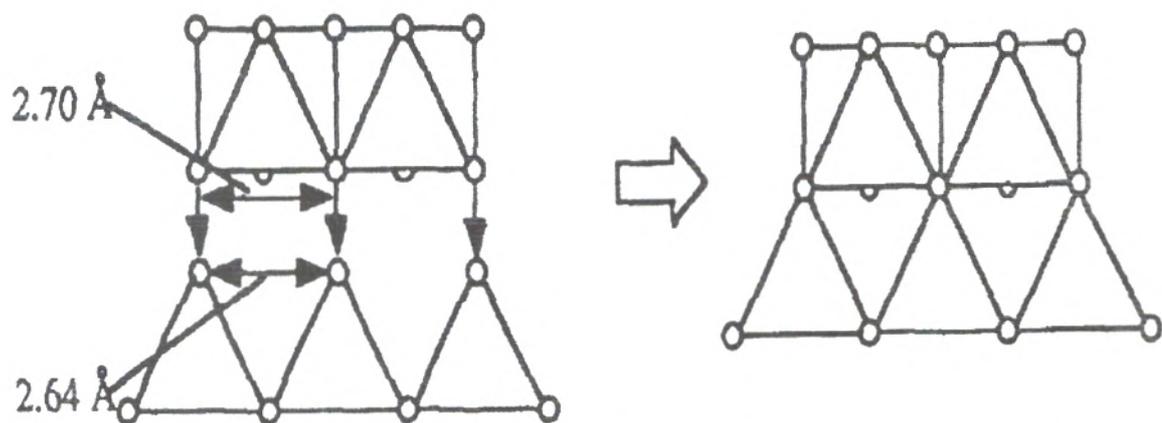


Figure 1 – Agencements des tétraèdres et des octaèdres (Moore & Reynolds, 1989).

Les quatre principaux paramètres basés sur la classification des argiles :

- La combinaison des feuillets de type tétraèdre (T) et octaèdre (O) : T:O, T:O:T et T:O:T:O.
- Le type de cations dans l'octaèdre qui peuvent être bivalents, ou trivalents, permettant de distinguer les phyllosilicates di- et tri- octaédriques.
- La charge interfoliaire.
- Le type de matériel dans l'espace interfoliaire (nature des cations, couche octaédrique, ...).

La classification des minéraux argileux appartenant au groupe des phyllosilicates, est basée sur la particularité d'avoir une taille très petite (quelques microns au maximum), et de se former plutôt dans les domaines de surface (altérites, sol, sédiments) ou de sub-surface (diagenèse, altération hydrothermales). Leur observation consiste à utiliser la microscopie électronique (balayage et transmission) (Meunier, 2002).

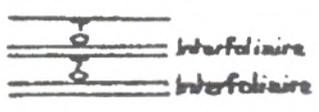
MINÉRAUX 1:1 ou T-O		MINÉRAUX 2:1 ou T-O-T				
						
Equidistance	Equidistance	Equidistance	Equidistance		Equidistance	Equidistance
$\approx 7 \text{ \AA}$	$\approx 10 \text{ \AA}$	$\approx 9.4 \text{ \AA}$	$\approx 10 \text{ \AA}$	10.4, 12 \AA	14 - 15 \AA	
STABLE	VARIABLE	STABLE	STABLE	STABLE	STABLE	VARIABLE
KAOLINITE	HALLOYSITE	TALC PYROPHYLLITE	ILLITE	ARGILES FIBREUSES Attapulgite (10.4 \AA) Sépiolite (12 \AA)	CHLORITE	SMECTITE VERMICULITE

Figure 2 Familles argileuses (Holtzapf, 1985).

Tableau 1 Classification des phyllosilicates (BONNEAU M., et SOUCHIER B., 1979)

Type	Groupe	Sous-groupe	Espèces	Formules
1:1	kaolinite	kaolinites	dichite nacrite kaolinite métahalloysitehalloysite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $Al_2Si_2O_5(OH)_4Al_2Si_2O_5(OH)_4$ $4H_2O$
		serpentine	antigorite	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
	talc	pyrophyllite	pyrophyllite	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$
		talc	talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
	smectite	smectites dioctaédriques	montmorillonite	$(Al_{1,67}Mg_{0,33})Si_4O_{10}(OH)_2$
		smectites trioctaédriques	saponite	$Mg_3(Si_{3,67}Al_{0,33})O_{10}(OH)_2$
2:1	Vermiculites	vermiculite dioctaédrique	vermiculite dioctaédrique	$(Al,Fe\dots)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$
		vermiculite trioctaédrique	vermiculite	$(Mg,Fe\dots)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$
	micas	micas dioctaédrique	muscovite	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$
		micas trioctaédrique	phlogopite	$KMg_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$
2:1:1	chlorite	chlorite trioctaédrique	espècesdifférentes	$(Mg,Fe\dots)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$

3- Les propriétés physico chimiques des argiles

Les roches argileuses possèdent les propriétés suivantes :

- Elles sont fragiles, elles cassent et 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 miscibles à l'eau, elles ne se dissolvent pas mais gonflant pour former une pâte.

Les argiles se différencient par leurs propriétés absorbantes et adsorbantes, les argiles à structure fibreuse ont un pouvoir absorbant élevé. Elles peuvent absorber jusqu'à 40 % de leur poids en liquide. Elles ont donc des vertus nettoyantes qui leur permettent d'adsorber les impuretés ou éliminer les mauvaises odeurs.

Les argiles à structure en feuillets ont un pouvoir adsorbant élevé. Elles ont un intérêt important pour traiter les problèmes intestinaux. Grâce à ce pouvoir d'adsorption, elles désintoxiquent en captant les virus, les bactéries et les pesticides et autres molécules indésirables.

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 surface 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 de succion diminue, l'ensemble eau-argile devient plastique, puis visqueux et finalement les particules d'argile 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.(ABDELOUAHAB C., AIT AMAR H.,1987).

4- Capacité d'échange

Les atomes de valence « n » substitués dans les couches octaédriques ou tétraédriques par d'autres atomes de valence inférieure, créent dans le feuillet une charge globale négative. La compensation de cette charge est assurée par des cations échangeables, localisés dans l'espace interfoliaire. Ce sont généralement des cations Na^+ , Ca^{++} etc...Le nombre et la nature du cation échangeable caractérisent l'argile. Par ailleurs certains auteurs citent une capacité d'échange supplémentaire liée aux phénomènes de bordure (CAILLERES et al., 1982), c'est-à-dire que chaque fois qu'un cristal est brisé, les valences situées dans le plan de rupture ne sont pas saturées. Les éléments de charge opposée viennent généralement neutraliser ces charges.

L'ensemble de ces charges mobiles peut être estimé et son calcul donne ce qu'on appelle la capacité d'échange cationique (C.E.C). La mesure de la C.E.C. se fait par remplacement de ces cations internes par des cations externes et est exprimée en milliéquivalents grammes/cents grammes d'argiles. Pour évaluer la C.E.C. de la bentonite, il existe plusieurs méthodes d'analyses : la méthode au bleu de méthylène (HANG et BRINDLEY, 1970), la méthode au cobalt (ROHDES et BROWN, 1995) et la méthode conductimétrique. D'autres méthodes sont aussi précises et rapides.

I.2 La BENTONITE

1-Définition

Le terme bentonite a été proposé en 1898 pour désigner une argile au toucher savonneux appartenant à la formation "Benton shale" et affleurant dans la région de Rock River (Wyoming, Etats Unies) où la première exploitation de bentonite aurait été découverte en 1890. Cette formation tire son nom de Fort-Benton situé à 650 km environ au Nord de Rock River. Les bentonites sont des silicates d'alumine hydratés appartenant au groupe des Montmorillonites.

Les caractéristiques physico-chimiques de bentonites d'origines diverses firent l'objet de nombreuses études. En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (ouest algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Bouhrara) et de celle de Mostaganem (M'zila) (BOUGDAH, 2007).

2-Origine

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

Elle contient plus de 75 % de montmorillonite ; cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France). La bentonite est une dénomination de la montmorillonite. Cette dernière a été découverte dans des gisements argileux situés près de montmorillonite dans la vienne, en France. Contiennent au moins 75% de montmorillonite. 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. (BOUGDAH, 2007).

3-Types de bentonite

➤ Bentonites calciques

Elles constituent la plus grande part de gisements exploités dans le monde. Elles contiennent essentiellement des ions (Ca^{2+}) en position interfoliaire. Ces argiles présentent un taux de gonflement de 3 à 7 fois le volume initial (BOUGDAH, 2007).

➤ Bentonites sodiques

Ce sont des argiles rares. Leur ion interfoliaire ou échangeable est Na^+ . Elles ont un pouvoir de gonflement très élevé (12 à 18 fois) (BOUGDAH, 2007).

4-Propriétés de la bentonite

La bentonite est rangée parmi les adsorbants inorganiques et les minéraux dispersants grâce à ses propriétés physico-chimiques.

Le géologue Suédois << A. CRONSTEDT >> est l'auteur d'identification minéralogique de la montmorillonite en 1788. (ENGELTHALERZ.A, L. 1983).

Une capacité élevée de gonflement qui est facilité par l'existence des liaisons libres, ainsi que par la capacité d'extension des espaces entre les couches dues à la fixation d'eau. La distance

des couches dans la montmorillonite sèche est de 9.5 °A. Dans le milieu avec 99 % d'humidité relative, elle croit à 20 °A environ (ABISMAIL, 1998).

I.3. Aperçu générale des études réalisées sur la Bentonite de Hammam Boughrara de Maghnia et M'Zila de Mostaganem.

L'exploitation des deux gisements d'argiles bentonitiques a commencée au début des années 1930.

- **Gisement de Hammam Boughrara**

En 1972, la SONAREM a exposé un rapport sur les résultats des travaux de recherche et de prospection géologique exécutés sur le gisement d'argile bentonitique de Hammam Boughrara. En 1994, SIDAM a réévalué les réserves de Roussel I, dans le cadre d'une étude de faisabilité préliminaire et réalisé des cartes de distribution des paramètres chimiques et physico- chimiques des bentonites de la région de Maghnia.

Les résultats de la composition chimique sont consignés dans le tableau 2. Les données rapportées montrent que la teneur en SiO₂ est très importante (60.2%) , suivi de Al₂O₃ (18.5%) .Les autres éléments sont présents en frés faible quantité.

Tableau 2 Composition chimique de la bentonite naturelle de Hammam Boughrara

élément	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	MnO	BaO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Teneur %	60.2	18.5	3.45	4.14	0.28	0.06	0.10	1.07	0.94	1.50

(ENOF, 1993)

- **Gisement de M'zila**

En 1972, la SONAREM a exposé un rapport sur les résultats des travaux de recherche et de prospection géologique exécutés sur le gisement d'argile bentonitique de M'zila.

En 1977, SIDAM a effectué des échantillonnages et des essais technologiques sur la bentonite de Mostaganem. Suite aux observations effectuées sur le terrain.

En 1994, SIDAM a établi des calculs préliminaires et classer les réserves de quatorze couches selon leur qualité, dans le cadre d'une étude de développement des argiles bentonitiques de la région de Mostaganem.

Les résultats de la composition chimique sont consignés dans le tableau 3. Les données rapportées montrent que la teneur en SiO_2 est très importante (67.36%), suivi de Al_2O_3 (14.93%).

Tableau 3 Composition chimique de la bentonite naturelle de M'zila

élément	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	TiO_2	Na_2O	K_2O	CaO
Teneur %	67.36	14.93	3.97	2.11	0.44	2.18	1.55	2.08

(ENOF, 1993)

- **Comparaison de la composition chimique de la bentonite de Mostaganem, Maghnia et Wyoming**

Les résultats comparatifs de la composition chimique moyenne de la bentonite de Mostaganem, de Maghnia et de Wyoming(U.S.A) sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 Comparaison entre la composition chimique moyenne de la bentonite de différentes régions. (SIDAM, 1994).

Eléments chimiques	Bentonite du Wyoming	Bentonite de Maghnia	Bentonite de Mostaganem
.SiO ₂	64,30	59,89	65,50
TiO ₂	n.d.	0,28	0,27
Al ₂ O ₃	19,80	17,37	13,85
Fe ₂ O ₃	4,04	3,32	2,91
FeO	2,60	n.d.	0,70
MnO	n.d.	0,07	0,03
MgO	2,03	3,37	2,27
CaO	0,73	1,06	1,86
Na ₂ O	2,81	1,32	2,22
K ₂ O	0,44	1,30	0,97
H ₂ O ⁺	1,14	4,46	3,27
H ₂ O ⁻	2,11	8,26	6,06
P ₂ O ₅	n.d.	0,05	0,06
SO ₃	n.d.	0,68	0,02
Total	100,00	100,43	99,99

L'ensemble des résultats des analyses chimiques et minéralogiques ont confirmé la nature argileuse des échantillons des deux bentonites de Mostaganem et de Maghnia, avec présence de montmorillonite comme minéral essentiel, la teneur de SiO₂ qui varie entre 60 et 65.50% avec prédominance de Al₂O₃ par rapport aux autres éléments (SIDAM, 1994).

Les résultats d'analyses des échantillons de bentonite de Mostaganem et de Maghnia au rayons X, montrent qu'il s'agit d'une smectite. Néanmoins, il est important de relever des différences entre les caractéristiques des échantillons liées essentiellement au prélèvement. Cela veut dire qu'au sein d'un gisement d'argile, on peut trouver des différences de propriétés entre prélèvements effectués en temps et en lieux différents. Les autres facteurs qui influent les propriétés de gonflement des argiles sont leur pureté, leur type minéralogique et la présence de substances associées tels que les sels ou les carbonates (Benkhelifa, 2007).

Les qualités des bentonites du gisement de Hammam Bouhrara varient en fonction des carrières et des profondeurs ce qui permet leurs utilisations dans plusieurs domaines (Mebarki et Tabahriti, 2011).

V. Intérêts des argiles bentonitiques

1. Protection environnementale

Actuellement, plusieurs études ont été réalisées sur l'utilisation de la bentonite pour la protection des terrains sensibles (Mebarki et Tabahriti, 2011).

2. Forage

La bentonite rentre dans la composition des boues de forage. Elle a pour but de lubrifier et refroidir l'appareil, de consolider les parois du forage, de remonter à jour les débris (cuttings).

3. Les céramiques

Dans le monde des céramiques, il est nécessaire de connaître les propriétés rhéologiques des argiles utilisées (mélanges d'argile, de quartz et de feldspath) pour permettre l'écoulement et la conservation de la forme acquise. La bentonite permet également de maintenir des mélanges de différentes particules assez grossières en suspension dans les émaux (couvercle céramique ou couche mince de verre).

4. Les peintures

Dans l'industrie de la peinture, la bentonite est utilisée pour épaissir les liquides. L'écoulement de la peinture doit être suffisant pour permettre une bonne couverture.

5. La pharmacie et la cosmétique

Les smectites sont largement utilisées en dermopharmacie et dermocosmétique pour leurs propriétés de gonflement, ainsi que leurs propriétés mécaniques. Leur usage permet d'éviter l'utilisation de corps gras dans les shampooings, les crèmes et les pâtes dentifrices

6. L'agroalimentaire

Dans ce domaine, la bentonite est utilisée pour ses propriétés structurantes en vue d'épaissir les aliments pour animaux.

7. Décoloration des huiles

L'autre mode d'utilisation de cette argile, c'est la décoloration des huiles animales et végétales. Les argiles activées ou argiles décolorantes possèdent la capacité d'adsorber les matières colorantes des huiles.

8. Bentonite de fonderie

La grande consommation mondiale est faite pratiquement dans cette industrie. La bentonite est utilisée comme liant des sables de moulage dans la préparation des granules de minerai de fer.

D'autres utilisations reposent sur la propriété d'absorption de la bentonite:

- Raffinage du pétrole.
- Additif dans la fabrication du papier.
- Génie civil (additif dans le ciment).
- Traitement des eaux usées.

9- Géologie économique de deux gisements

Les argiles bentonitiques du gisement de m'zila ont été exploitées au moyen d'une quinzaine de carrières, dont quelques-unes sont encore en production actuellement. La production annuelle de tout venant est de l'ordre de 20000 tonnes par année. (SIDAM, 1994). le gisement de bentonite de Hammam Bouhrara à été exploités au moyen de plusieurs carrières dont les plus importantes sont celles de Roussel I, Dar M'barek et RM. La production mensuelle de l'unité de Maghnia atteint 1450 tonnes. (SIDAM, 1994). Pour les deux gisements, les carrières étant en exploitation environ 10 mois par année (deux mois d'arrêt pendant la période des pluies). (SIDAM, 1994).

La capacité des équipements d'excavation utilisés, limite les exploitations à une profondeur verticale de 4 à 5 mètres. Le contrôle topographique est également très important. Il est relativement facile d'exploiter les couches qui affleurent sur des crêtes topographiques. Par contre, il est beaucoup plus difficile d'exploiter les couches situées dans le fond des vallées, ou la grande épaisseur de mort-terrain peut rendre l'exploitation non rentable. (SIDAM, 1994).

Chapitre II

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Contexte géographique: Situation de deux types de gisements bentonitiques

* Gisement de M'zila:

Les carrières d'argiles bentonitiques désignées sous le nom de « chantier M'zila » sont situées à 35 Km à l'ENE de Mostaganem, et à 10 Kilomètres à l'Est du village d'Achastas .

Le site est accessible et le relief est accidenté et atteint une centaine de mètres. Conséquemment, certaines parties des gisements ne s'y prêtent pas au type d'exploitation pratiquée (tranchés neu profondes), à cause de la topographie tron abrupte.

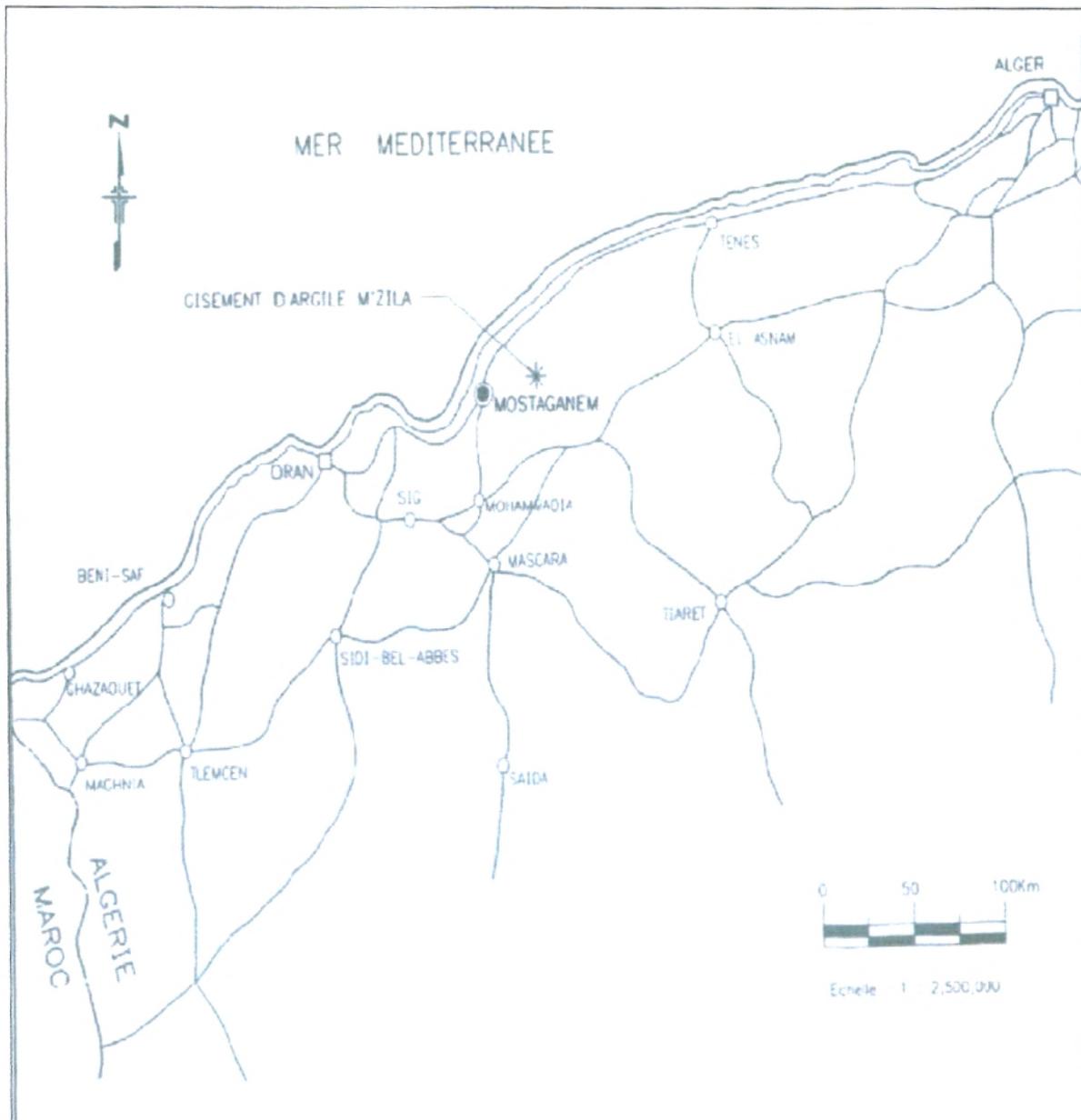


Figure 3 Localisation géographique des argiles bentonitiques de M'zila (SIDAM, 1994)

* Gisement de Hammam Boughrara

Le secteur étudié où se trouve le gisement bentonitique est situé au Nord de la plaine de Maghnia. Cette dernière se trouve entre deux massifs atlasiques, en l'occurrence, les monts de Traras et la chaîne du Fillaoussène au Nord et les monts de Tlemcen au Sud dont l'altitude dépasse souvent les 1000 mètres.

Le gisement bentonitique est localisé à 30 Km à l'Ouest de la wilaya de Tlemcen et à 15 Km au NE de la ville de Maghnia.

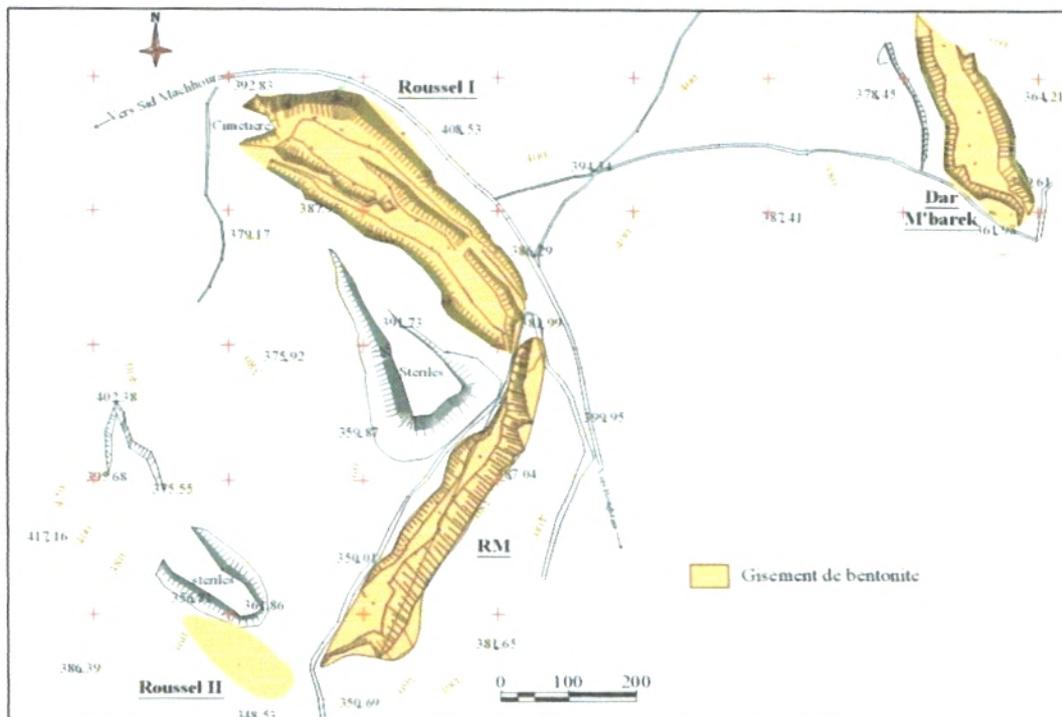


Figure 4 Localisation géographique de gisement de bentonite de Hammam Boughrara. (D'après Bental, 2009)

II.2. Contexte géologique :

a.- Les grands traits géologiques de la plaine de Maghnia et le bassin du Bas Chélif :

Les références bibliographiques utilisées pour l'étude géologique sont essentiellement celles, (SIDAM, 1994), (SONAREM, 1972).

*Bassin du Bas Chélif :

Le Miocène inférieur débute par des conglomérats de base, surmontés par des grès et des marnes.



Figure 5 Colonne stratigraphique du bassin du bas Chellif dans la région de Mostaganem (SIDAM, 1994)

Le Miocène supérieur commence par un grès glauconieux, recouvert par une séquence de marnes bleus-grises, d'argile gypseuse et de gypse. C'est dans cette épaisse unité de marnes bleus-grises, qui peut atteindre 500 mètres de puissance, que se retrouvent les intercalations d'argiles bentonitiques. A l'intérieur de l'unité de marnes, les couches individuelles d'argile bentonitique montrent des épaisseurs qui varient entre 0,5 et 9 mètres .

Le Pliocène recouvre les couches du Miocène supérieur en discordance angulaire. Il est constitué de calcaires, de conglomérats, de grès marins et continentaux, et de terre argileuse.

Le Quaternaire constitue les formations les plus jeunes du secteur. Il est représenté par des grès calcaires (Figure 5).

***Plaine de Maghnia :**

Les formations du Miocène reposent en discordance angulaire sur des grès du Jurassique Supérieur. Leur base consiste en un assemblage de roches sédimentaires composées de calcaires, de marnes, de grès, de marnes gréseuses et d'argiles carbonatées. Le sommet de la séquence est composée d'un assemblage de roches volcano-sédimentaires. Celles-ci consistent en rhyolites, perlites, obsidiennes, tufs et tufs conglomératiques. Localement, ces perlites, obsidiennes et tufs sont transformés en argiles bentonitiques, qui font l'objet des exploitations commerciales de la région de Maghnia.

Les formations du Pliocène recouvrent celles du Miocène en discordance angulaire. Elles consistent en formations continentales composées de siltstones, de grès et de calcaire.

Les dépôts du Quaternaire sont formés de blocs et de galets plus moins consolidés, et de quelques petites cheminées de basalte (Figure 6).

b- Cadre géologique des gisements étudiés :

*** Gisement de M'zila :**

A l'échelle du gisement de M'zila, la séquence du Miocène supérieur exposée dans la région des carrières débute à la base par un banc épais de marne bleue compacte. Cette dernière est surmontée par les couches d'argiles bentonitiques, qui sont interstratifiées avec des grès biotitiques. Cette séquence est ensuite recouverte par une marne argileuse.

Quatorze couches d'argile bentonitique ont été reconnues dans le gisement de M'zila. Elles sont numérotées de I (la plus récente, vers le sommet) à XIV (la plus ancienne, vers la base) seules les couches importantes sont reportées sur le plan.

Légende :



Formation superficielle récentes

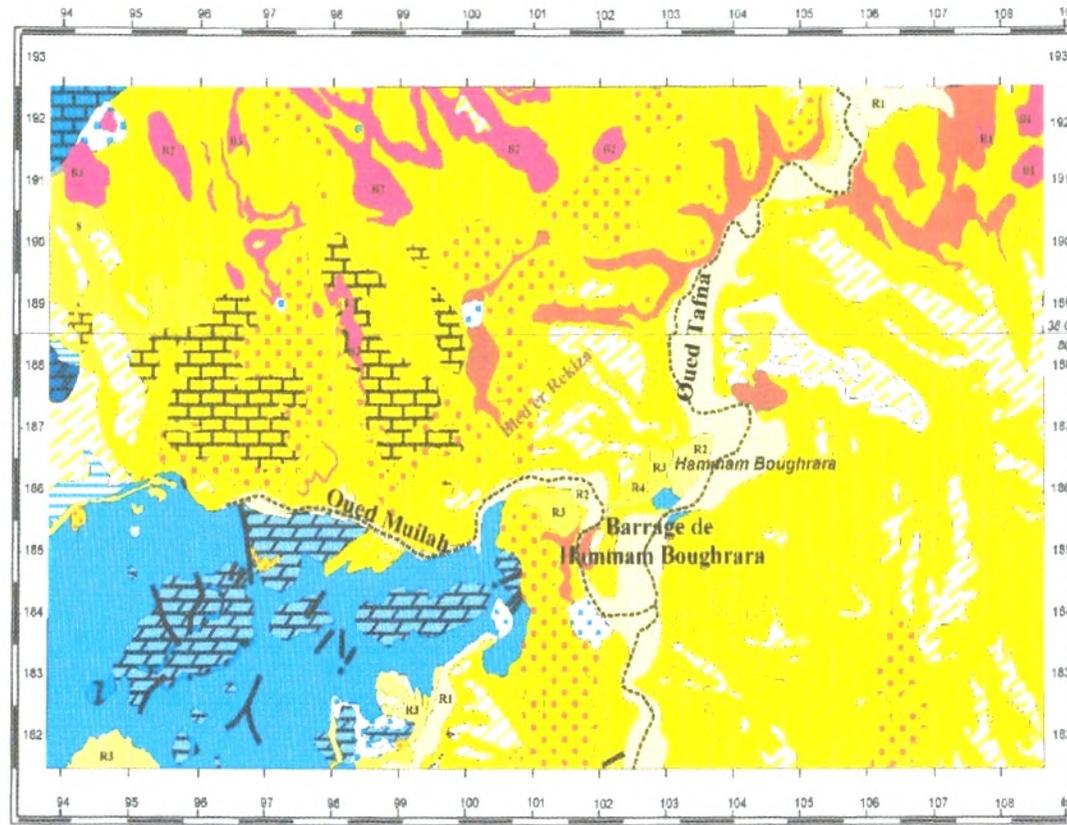
- Eboulis
- Colluvions
- Travertins calcaires

Quaternaire

- Rharbien : alluvions moderne grises
- Soltanien : alluvions rubéfiées
- Tensiftien : alluvions caillouteuses
- Amérien : alluvions rubéfiées
- Croute calcaire récente
- Moulouyen : calcaire récente

Cénozoïque

- Pliocène supérieur : calcaires lacustres
- Pliocène supérieur : conglomérats rubéfiés
- Mio-Pliocène : continental
Miocène supérieur : marin
- Marnes
- Conglomérats de base



Realisée et imprimée par L'INSTITUT NATIONAL DE CARTOGRAPHIE ALGER

Mésozoïque

Alternances des grès, dolomies et marnes

- Dolomies massives du Kimméridgien basal
- Calcaire à clypeines
- Oxfordien Sup. Kimméridgien basal
- Grès roux à lentilles de calcaires à polypier
- Niveau gréseux dur
- Jurassique indifférencié Dolomies massives

Roches volcaniques

- B3 Basaltes du Pliocène supérieur
- B2 Basaltes moyens du Pliocène
- B1 Basaltes anciens du Miocène terminal
- Tufs rhyolitiques, argiles, smectiques
Cinérites du Miocène terminal
- Rhyolites massives : Miocène terminal

- Faille
- Oued

Figure 6 Carte géologique de la région de Hammam Boughrara (INC, 1984)



Ces couches sont 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 Est Nord Est et un pendage de 20 à 40° vers le sud, sauf la couche quatorze qui possède un pendage plus abrupt (environ 55°). Sur le flanc sud du synclinale, les couches adoptent une direction NE avec un pendage de 10 à 35° vers le Nord West (Voir Annexes).

*** Gisement de Hammam Bouhrara :**

Dans la région immédiate des gisements, les formations les plus anciennes sont les roches volcano-sédimentaires composant la partie supérieure du miocène.

Ces roches sont plissées en un synclinale très ouvert dont le plan axial montre une direction NNW- SSE (SONAREM, 1972). Le flanc ouest de ce synclinal est composé de couches de volcanoclastites rhyolitiques plus ou moins bentonitisées, de direction NW-SE avec un faible pendage vers l'est (10 à 20°). Ce flanc ouest de la séquence est recoupé par un dôme de rhyolite de dimension importante (environ $265\ 000\ m^2$ de section). Autour de ce dôme, et d'un autre plus petit situé au nord, se distribuent les carrières Bab, R-M, Roussel et Torba. L'intrusion de ce dôme de rhyolite aurait eu une influence déterminée sur le processus de bentonitisation, puisque la meilleure qualité de bentonite se trouve à proximité du dôme et diminue ensuite à mesure qu'on s'en éloigne (Voir Annexes).

Chapitre III

ETUDE EXPERIMENTALE

III.1. Matériels

Terrain

Notre thème nous a conduit évidemment à procéder à des prélèvements comme suite :

* Prélèvement des échantillons

Dès que toutes les observations et mesures sur le terrain sont terminées, des échantillons ont été prélevés des deux gisements.

Un prélèvement en vrac suffisant pour obtenir après séchage à l'air, un poids de 300 à 500 g d'argile bentonitique à partir de laquelle seront effectuées des analyses physico-chimiques et hydriques. Il est indispensable de procéder à l'enregistrement des échantillons sur une feuille, noter avec le plus de détails possible le lieu du prélèvement, la date. Lorsque cette opération sera terminée, chaque prélèvement sera affecté d'un numéro qui permettra de l'identifier dans toutes les analyses (voir Annexes)

III.2. Méthodes

Etude au laboratoire :

Compte-tenu du travail présenté ci-dessus, nous tenons à faire observer et remarquer à nos lecteurs que la méthode adoptée consiste à prendre le résultat de la moyenne des trois analyses effectuées successivement à Mostaganem, Maghnia (W.Tlemcen), et EL- Matmer (W.Relizane).

III.2.1 Analyses physico-chimiques des argiles bentonitiques

- Préparation de l'échantillon

La préparation est effectuée au laboratoire sur une quantité de 50 grammes selon les étapes suivantes :

- Mesure du taux d'humidité initiale, puis humidification du Tout venant.
- Quantité d'eau à ajouter : $0,8 \times (28 - \text{taux humidité initiale})$
- Activation à la carbonate : la quantité de carbonate à ajouter est égale à : $2,5/100 \times (50 + \text{taux d'humidité initiale})$ pour augmenter la viscosité.
- 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 (149μ)

III.2.1 .1 Analyse de la viscosité à 600 tr/mn

1.1. Equipement

- Balance de précision à 0.01 g
- Mélangeur (11000 ± 300) tr/mn en charge avec une seule couronne d'un diamètre d'environ 1 pouce
- Récipient (18 cm) de profondeur (9.70 cm) diamètre de sommet et (7 cm) diamètre de base
- Viscosimètre référence API spécification 13A
- Eprouvette graduée de 500 ± 5 cm³, burette de 50 cm³
- Broc de 500 cm³ environ.
- Minuterie mécanique à 0.1 mn de précision.
- Etuve 300°C ± 3°C
- Spatule.

1.2. Mode opératoire

- Préparer une suspension de 22.5 ± 0.1 g de bentonite dans 350 ± 5 cm³ d'eau distillée. Après agitation de 5 ± 0,5 mn, enlever le container de l'agitateur et gratter les grains de bentonite adhérente à la paroi du container.
- Remettre en agitation et répéter la même opération que précédemment après 5-10 mn d'agitation. Le temps total est de 20 ± 1 mn.
- Laisser la suspension de la bentonite en repos dans un broc pendant 16 heures à T° ambiante.
- Après vieillissement de 16 h, versez la suspension dans le container de l'agitateur et agiter pendant 5 ± 0.5 mn.
- Verser la suspension dans le broc du viscosimètre.
- Noter les lectures à 600 tr/mn quand l'aiguille se stabilise sur le cadran.

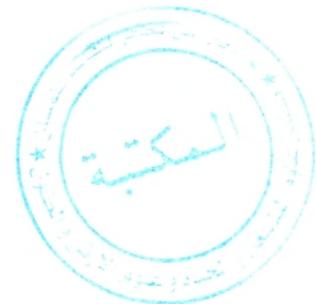
III.2.1.2 Perte au filtrat

1.3. Equipement

- Filtre presse .
- Eprouvette.
- Chronomètre.

1.4. Mode opératoire

- Reprendre la suspension précédente et agiter pendant 1 ± 0.5 mn.
- Verser la suspension dans la cellule du filtre presse. Avant la filtration vérifier l'étanchéité des pièces et s'assurer que celles-ci sont bien sèches.



- Régler le chronomètre à 30 mn, ouvrir la vanne de pression à 7 bars, et placer une éprouvette sous l'orifice de la cellule. Toutes ces opérations doivent être effectuées simultanément dans moins de 15 secondes.
- Après les 30 mn le chronomètre sonne, enlever l'éprouvette et noter le volume du filtrat.
- Reprendre la suspension précédente et agiter pendant 1 mn, verser la suspension dans la cellule de filtre presse. Régler le chronomètre à 30 mn, ouvrir la vanne de pression à 7 bars, et placer une éprouvette sous l'orifice de la cellule, après les 30 mn; enlever l'éprouvette et noter le volume du filtrat en ml.

III.2.1.3 Refus

1.5. Equipement

- Balance de précision à 0.01 g.
- Etuve 300°C ± 3°C.
- Mélangeur 11000 ± 300 tr/mn en charge avec une seule couronne d'un diamètre d'environ 1 pouce.
- Récipient 18 cm de profondeur 9.70 cm diamètre de sommet et 7 cm diamètre de base.
- Minuterie mécanique à 0.1 mn de précision.
- Tamis 75 µm.
- Spatule.

1.6. Mode opératoire

- Préparer une suspension de 100 ± 0.1 g de bentonite séchée dans 350 ± 5 cm³ d'eau de robinets.
- Après agitation de 25 ± 0.5 mn, faire passer en voie humide la suspension dans le tamis 75 µm.
- Séché le résidu dans l'étuve à 110 °C pendant 2 heures.

III.2.1.4 Mesure de PH (Réf CONSORT C 863)

peser 20g de bentonite brut séché à 40°C dans un bécher . Ajouter 50 ml de solution d'eau déminéralisée et agiter une minute avec une baguette de verre . Laisser reposer 2h.

Plonger l'électrode dans le liquide surnageant et effectuer la mesure . Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes. Noter les valeurs à la deuxième décimale près.

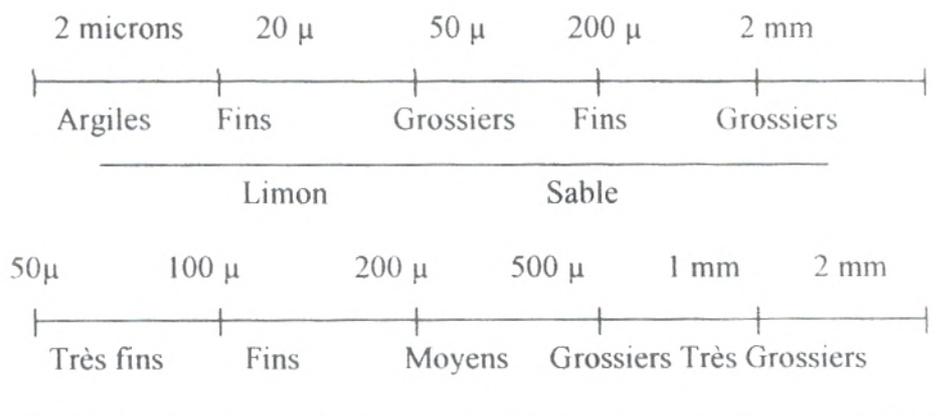
III.2.1.5 Dosage du calcaire total

- Prendre une fiole pour calcimètre de Bernard (Erlenmeyer muni d'une expansion latérale en doigt).
- Introduire dans le doigt 5 ml de HCl dilué à 1/2 .
- Suivant la teneur présumée en carbonate de calcium, peser de 0.2 g à 10g de bentonite brut broyée.
- Introduire la prise d'essai de poids P dans la fiole.
- Humidifier la bentonite avec de l'eau distillée sans excès.

- Fermer la fiole en la raccordant au calcimètre.
- Avant de fermer le robinet " R" du calcimètre, s'assurer que le niveau du liquide arrive à la hauteur du repère Zéro.
- Fermer le robinet puis incliner la fiole pour faire couler l'acide sur la bentonite. Si la bentonite contient du carbonate de calcium, il se produit un dégagement rapide de gaz carbonique refoulant l'eau dans la colonne du calcimètre. Lorsque le dégagement de CO₂ est terminé, on attend quelques instants pour que l'équilibre thermique entre l'appareil et l'atmosphère soit réalisé.
- Abaisser ensuite l'ampoule du calcimètre jusqu'à ce que le niveau de l'eau dans cette dernière soit dans un même plan horizontal que celui de l'eau située dans la colonne. Lire le volume "V" de gaz carbonique dégagé à la pression atmosphérique et à la température du moment de l'expérience.

III.2.1.6 Analyse granulométrique de la bentonite brute

L'analyse granulométrique permet de connaître les proportions des composants minéraux de notre bentonite en sable, limon et argile. La classification granulométriques des particules minérales selon Atterberg (Aubert, 1978) peut être schématisée comme dans le schéma suivant selon la classification d'Atterberg (annexes).



III.2.2 Analyse biochimique

* Mesure de la matière organique (METHODE ANNE)

Mode Opératoire

- Prendre 0,5 g de bentonite brut dans un ballon de 250 ml.
- Ajouter 10 ml de Dichromate de potassium à 8%.
- Ajouter 15 ml de H₂SO₄.

- Chauffer le tous dans un bain de sable et poursuivre l'ébullition
Durant cinq (05) minutes (après la chute des premières gouttes)
- Laisser refroidir
- Transvaser dans une fiole de 100 ml et ajuster à 100 ml avec de d'eau distillée de rinçage jusqu'au trait de jauge
- Prélever à l'aide d'une pipette 20 ml de cette solution, les mettre dans un bécher de 400 ml en ajoutant 200 ml d'eau distillée + 1.5g de NAF +03 à 04 gouttes de DIPHENYLAMINE et agiter le tout.
- Titrer avec la solution de SEL DE MOHR à 0.2 N (Normalité)
La couleur passe du brun au violet puis au vert

III.2.3. Caractéristiques hydriques

- **Mesure de l'humidité**

Mode opératoire

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

- **Mesure de l'indice de gonflement**

Mode opératoire

2g de bentonite à teneur d'humidité connue, sont pesés sur la balance de précision (0,01g), puis versés en petites fractions avec la spatule, dans l'eau distillée contenue dans le tube en verre gradué (de 100 ml).

*Il est important d'attendre qu'une fraction soit complètement déposée au fond du tube avant d'en ajouter une autre (attendre environs 45mn avant d'ajouter une fraction nouvelle).

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

Chapitre IV

RESULTATS ET DICUSSION

IV. Résultats et discussion

IV.1 Analyses physico-chimiques et biochimique

Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques et biochimiques des deux bentonites de Maghnia et Mostaganem respectivement pour les trois échantillons celui de Roussel I et la couche quatorze sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 Résultats d'analyses granulométrique et physico-chimiques des trois échantillons de bentonite de Mostaganem et de Maghnia à l'état brut effectuées au (Laboratoire Régional Ouest des analyses de sol (INSID) El- Matmar –Relizane Laboratoire Bental -Maghnia et Mostaganem).

Echantillons de la bentonite		Maghnia (Roussel I)		Mostaganem
		Echantillon 1	Echantillon 2	Couche quatorze
Granulométrie %	Argile	36.11	43.08	26.31
	Limon fin	20.61	23.84	39.14
	Limon grossier	6.40	3.42	7.54
	Sable fin	7.21	6.86	6.78
	Sable grossier	29.67	22.80	20.23
Viscosité. (L600)- (centipoises)			27.95	28.62
Perte au filtrat (ml)			19.5	20.12
Refus %			13.37	18.06
pH		7.64	7.50	7.86
Calcaire total %		0.42	0.42	1.06
Matière organique %		0.84	0.52	1.37

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que la fraction fine ($< 2\mu\text{m}$) est plus importante dans la bentonite de Maghnia comparativement à celle de Mostaganem. Par contre le pourcentage des limons fins ($2-20\mu\text{m}$) est largement supérieur dans la bentonite de Mostaganem par rapport à celui de Maghnia. En revanche les limons grossiers ($20-50\mu\text{m}$) présentent des teneurs légèrement faibles dans les échantillons analysés de Maghnia. Il est noté d'une manière générale que l'analyse granulométrique des sables ($50-2000\mu\text{m}$) ne montre pas de différence significative entre les trois échantillons étudiés.

La teneur en matière organique est généralement faible pour tous les échantillons analysés. On note que la bentonite de Mostaganem présente les teneurs les plus élevées en comparaison avec celles de Maghnia. Par contre les échantillons de la bentonite (Echantillon 2) de Maghnia enregistrent la teneur la plus faible, soit 0.52 % de matière organique.

Le pH des deux bentonites naturelles étudiés varie entre 7.5 et 7.86. On remarque que le pH de la bentonite de Mostaganem est plus alcalin que celui de la bentonite de Maghnia, ceci est dû d'une part à la teneur en calcaire total relativement élevé (1.06%) et d'autre part à la nature sodique de la bentonite de Mostaganem.

Les analyses concernant la viscosité, perte au filtrat et refus effectuées au niveau du laboratoire de Bental sur les échantillons prélevés des deux gisements ont pour objectif de déterminer les caractéristiques des argiles bentonitiques en vue de leur utilisation comme boue de forage selon les normes* API*. En effet, les résultats trouvés des analyses de ces paramètres sont conformes aux normes exigeraient pour une bentonite de forage de bonne qualité. Par contre les valeurs de perte au filtrat sont supérieures aux normes exigées par API.

IV.2 Analyses hydriques

Les résultats des analyses hydriques des deux bentonites sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 Résultats d'analyses des caractéristiques hydriques des échantillons de bentonite (Roussel I - (Echantillon 2)) et (couche 14) à l'état brut effectuées au (Laboratoire Bental -Maghnia et Mostaganem).

Echantillons de la bentonite Analyses hydriques	Maghnia Roussel I- (Echantillon 2)		Mostaganem Couche quatorze	
	Nombre de répétition	Moyenne	Nombre de répétition	Moyenne
Humidité %	8.8	8.625	9	9.15
	8.7		9.5	
	8		9.2	
	9		8.9	
Indice de gonflement (ml)	10.2	10.37	19.3	19.22
	10		18.9	
	10.8		19.1	
	10.5		19.61	

L'humidité des deux bentonites naturelles étudiées varie entre 8.6 et 9.15 % retrouvé fréquemment pour les argiles naturelles.

D'autre part, les valeurs du taux de gonflement montrent que l'indice de gonflement de la bentonite de Mostaganem un caractère gonflent assez important pour ceux de Maghnia, grâce à sa teneur en Na_2O supérieur à 2% (proche de celle du Wyoming). D'une part la bentonite de Maghnia se distingue par sa teneur élevée en MgO et peut être utilisée pour la production des terres décolorantes.

La bentonite de M'zila est plus sodique que celle du Roussel I (Echantillon2) de Maghnia. Ce qui lui confère un indice de gonflement d'environ 19.22 ml favorable à la production de bentonite de forage. En revanche La bentonite calcique a un indice de gonflement faible non favorable à une utilisation comme additif refroidissant et lubrifiant des boues de forages. C'est pourquoi, elle présente une capacité d'adsorption d'eau élevée qui lui permet de valoriser la production de terres décolorantes. En résumé Les propriétés de la Bentonite **sont** directement liées à la configuration des feuillets de silicates et à leur surface de contact particulièrement importante.

Conclusion générale

Cette étude, nous a permis d'étudier trois échantillons d'argile bentonitique de Maghnia et de Mostaganem en fonction des caractéristiques physico-chimiques et hydriques.

Les résultats physico-chimiques et hydriques des échantillons d'argile bentonitique analysés montrent une différence très nette entre les deux bentonites étudiés.

La comparaison des deux bentonites, montre que la bentonite de Maghnia est moins sodique et moins gonflante que la bentonite de Mostaganem.

Il est important de connaître les caractéristiques minéralogiques et physicochimiques des matériaux argileux, avant son utilisation et application dans les différents domaines.

Enfin, d'autres larges études approfondies sur la bentonite seront indispensables pour l'identification de la bentonite. Il serait nécessaire, lors d'une éventuelle recherche, de procéder à des analyses de la diffraction aux RX pour déterminer la structure des feuillets. La détermination de la composition cristallographique de feuillet d'argile par ATD et ATP, la spectroscopie à infrarouge. La microscopie électronique à balayage et à transmission pour déterminer la morphologie du feuillet d'argile et enfin des analyses chimiques telles que la capacité d'échange cationique (CEC) et les mesures de surfaces interne et externe.

Références Bibliographiques

ABDELOUAHAB C., AIT AMAR H. (1987),-Fixation sur des argiles bentonitiques d'ions métalliques dans les eaux résiduaires, Revue. Interne.

ABISMAIL H. D., (1998) - Effets de la bentonite sur l'amélioration des caractéristiques chimiques des sols sableux de la région de Mostaganem avec l'étude du comportement d'une culture : Cas de tomate industrielle). *Mém. Ing. Univ. Mostaganem. 52 p. 22 fig. 21 tab.*

AUBERT G. (1978) - *Méthodes d'analyses des sols . CRDP. Marseille, 191p.*

BONNEAU M. et SOUCHIER B. (1979) - Constituants et propriétés du sol. Ed .Masson. .459p.

BENKHELIFA M. (2007) -Influence des conditions salines sur les propriétés physiques des mélanges sable-bentonite. Conséquences sur le comportement écophysiological de la tomate .*Thèse Doct. INA. Alger, 164 p.*

BONIFAS M. (1959) - Contribution à l'étude géochimique de l'altération latérique. *Mém. du Sc. GAC. Univ. Strasbourg. 19.pp 385- 404.*

BOUCHIKHI H. (2005)- Etude comparative de deux gisements d'agrégats .Exemple: carrières de Sidi Abdelli et de Sidi Ali Ben Youb. *Mém. Ing. Univ. Tlemcen. 40 p. 16 fig. 6 tab. 5 pl.*

BOUGDAH N. (2007)- Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite. *Mém. Mag. Univ. Skikda. 91 p. 47 fig. 17 tab.*

BOURAS O. (2003)- Propriétés adsorbants d'argiles pontées organophiles . Synthèse et caractérisation . *Thèse Doct. Univ. Limoges. 155 p.*

BENTAL. (2009)- Levé topographique des gisements de la bentonite de Hammam Boughrara. Rapport interne.

CAILLERES S., HENIN S. et RAUTUREAU M. (1982)-Minéralogie des argiles: structure et propriétés physico-chimiques Tome 1.

DUAUFOUR P. (1977) - Pédologie. Pédogénèse et classification. Masson, Paris.

ENOF. (1993)- Situation des réserves d'argiles bentonitiques au gisements Roussel I. Rapport interne.

ENGELTHALERZ. Z.A et LOSTAK. A. (1983)- Utilisation des bentonites pour l'amélioration des sols . ONUDI. PILSN. Tchécoslovaquie.

GENTIL L. (1903) - Etude géologique du bassin de la Tafna . *Bull.Serv. Cart Géol Algérie . Alger N°4 . 435 p. 88 fig.*

HANG P.T et BRINDLEY G.W., (1970) - Methylene blue absorption by clay minerals determination of surface areas and cation exchange capacities. *Clays and Clay Minerals, 18, 203-212.*

Holtzapfell, (1985) - Les minéraux argileux. Préparation, analyse diffractométrique et détermination. *Soc. Géol. Nord, 12.*

HUBERT G. (2009)- Réactivité expérimentale au CO₂ de roches d'une couverture argileuse et d'un réservoir carbonaté du bassin de Paris. *Thèse Doct. Univ. Nancy. 361 p.*

REGUIEG Y.H.A., (2007) -Effet de la bentonite sur les sols sableux de la région de Mostaganem. Etude de comportement d'une association blé pois chiche. *Thèse Doct. INA. Alger. 140 p.*

MEBARKI K., TABAHRITI M. N. (2011)- Géochimie de la bentonite du gisement de la région de Maghnia et applications industrielles . *Mém. Mast. Univ. Tlemcen. 54 p. 26 fig. 6 tab. 6 pl.*

MILLOT G. - (1964) - Géologie des argiles. *Ed. Masson. 499 p.*

Moore., Reynolds., (1989) - X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. *Oxford University Press.*

PERRODON A. (1957) - Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie 12: 1-382.*

ROHDES C.N et BROWN D.R. (1995)- Autotransformation and ageing of acid-treated montmorillonite catalysts: a solid-state- A study by Si²⁹ and Al²⁷ MAS NMR., *Journal of the Chemical Society FARADAY Transaction 91 (6), 1031-1035.*

SADRAN G. (1958) - Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du tell oranais. Publications du service de la carte géologique de l'Algérie, *Bulletin N°18. 533 p.*

SIDAM. (1994)- Etude de développement des argiles bentonitiques de la région de Maghnia. Rapport interne.



SIDAM. (1994)- Etude de développement des argiles bentonitiques de la région de Mostaganem. Rapport interne.

SONAREM. (1972) - Travaux de recherche et de prospection géologique sur les gisements d'argiles bentonitiques de Hammam Boughrara. Rapport interne.

SONAREM. (1972) - Travaux de recherche et de prospection géologique sur les gisements d'argiles bentonitiques de M'zila. Rapport interne.

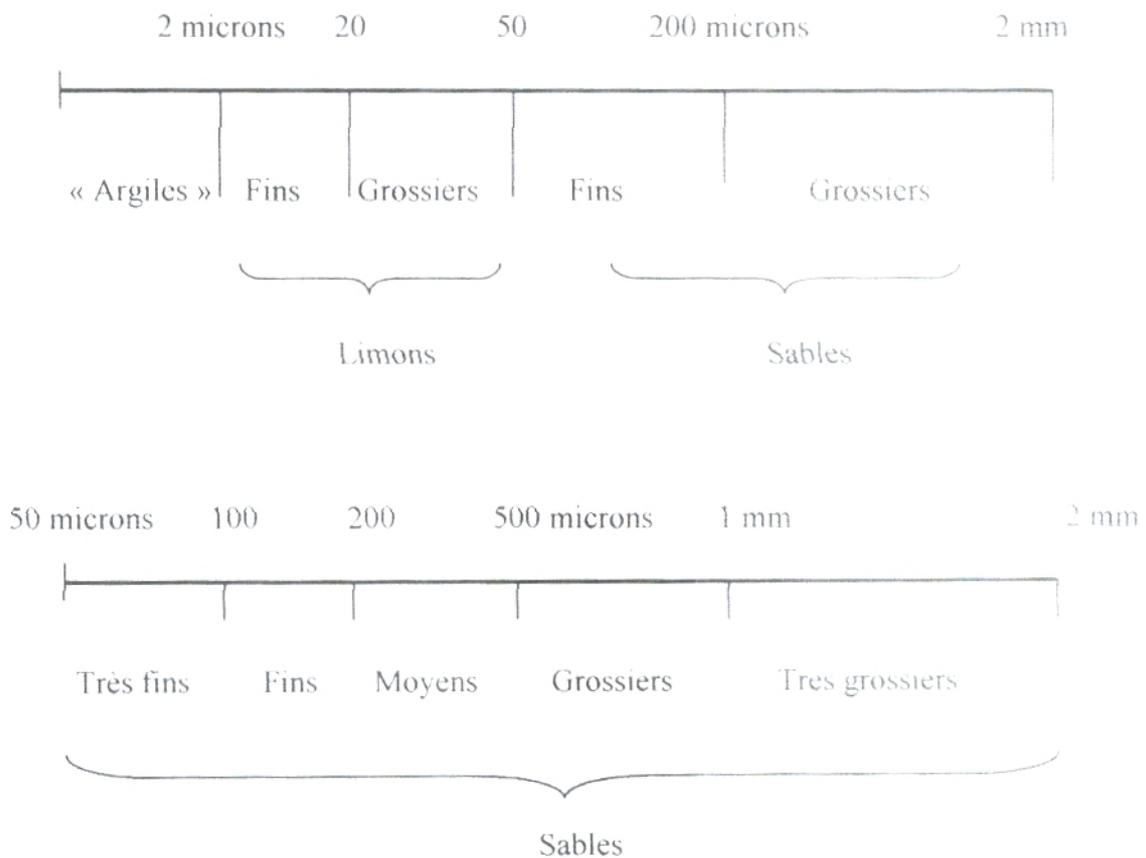
Détermination de la texture de la terre fine

I. ANALYSE GRANULOMETRIQUE RAPIDE DE LA TERRE FINE (Methode internationale, modifiée par l'emploi de la pipette de Robinson)

A. Principe :

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (élément $\leq 2\text{mm}$). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats.

Les particules minérales peuvent être classées de la façon suivante :



(Classification d'ATTERBERG adoptée par l'Association Internationale de la Science du sol).

La méthode exposée ici consiste à :

1°) détruire la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée (la matière organique , l'humus notamment , constitue un ciment entre les particules minérales) .

2°) disperser les particules par un dispersant énergétique tel que l'hexamétaphosphate de sodium et par agitation mécanique .

3°) effectuer des prélèvements à l'aide de la pipette de Robinson , dans des flacons à sédimentation , à des profondeurs et à des moments déterminés (application de la loi STOKES , loi de sédimentation des particules dans un liquide) .

B. mode opératoire :

1) Destruction de la matière organique

- Dans un bécher de 600 ml et de forme haute , mettre 10 g ou 20 g de terre fine séchée à l'air et tamisée au travers de mailles carrées de 2 mm de côté (10 g pour une terre argileuse , 20 g pour une terre sableuse) .
- Verser dans le bécher 50 ml d'eau oxygénée à 20 volumes davantage pour une teneur élevée en matière organique .
- Recouvrir le bécher d'un verre de montre afin d'éviter des projections en dehors du bécher pendant la période d'effervescence .
- Mettre le bécher sur le bain de sable dont la température doit pas dépasser 85° . Si une ébullition trop forte se manifestait , l'eau oxygénée se décomposerait trop rapidement .
- Si la terre est humifère , l'effervescence peut produire une mousse abondante risquant de déborder . Pour éviter cela , faire descendre la mousse en ajoutant quelques gouttes d'alcool éthylique .
- Si une certaine effervescence se prolonge ajouter de temps en temps et par petites quantités de l'eau oxygénée à 110 volumes .
- La durée de l'attaque dépend de la teneur en matière organique (24h à 48h).
- Après la fin de l'effervescence , chauffer encore 2 heures environ pour éliminer H₂ O₂ en excès et terminer par 10minutes d'ébullition . (on peut accélérer l'élimination de l'excès d'eau oxygénée en ajoutant quelques gouttes d'ammoniaque) .

- S'assurer que toute l'eau oxygénée a disparu en versant quelques gouttes du liquide chaud (60°) dans une solution étendue de permanganate de potassium . en présence d'eau oxygénée , le permanganate de potassium se décolore .
- Laisser refroidir le bécher , puis transvaser à l'aide d'un jet de pissette , son contenu dans un flacons de sédimentation jaugé à 1000 ml .
- Verser dans le flacon, 10 ml d'hexamétaphosphate de sodium (100 g par litre) . cette solution alcaline a pour rôle de disperser les particules qui ont tendance à s'agglomérer.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (1000 ml) .
- Agiter le flacon durant 1 heure au moins , sur l'agitateur mécanique .
- Porter le flacon à proximité de la pipette de Robinson qui doit être placée dans une pièce à température constante .

2) Prélèvement des fractions argileuses et limoneuses

a) Prélèvement des argiles , des limons fins et des limons grossiers (particules inférieures à 50 microns) .

- Mettre le flacon dans un récipient contenant de l'eau maintenue à 20° .
- Agiter à l'aide d'un thermomètre le liquide du flacon . Si la température indiquée est égale à 20° , sortir le flacon , l'agiter immédiatement et violemment par retournements répétés de manière à mettre en suspension toute la terre .
- Poser très rapidement le flacon sous la pipette de Robinson .
- Laisser décanter le contenu du flacon durant 46 secondes à 20° .
- Prélever au bout de 46 secondes et à 10 cm de profondeur , 10 ml de liquide (voir ci-après l'utilisation de la pipette de Robinson) .
- Transvaser les 10 ml et l'eau de rinçage dans une capsule en verre pyrex ou en porcelaine d'une contenance de 30 ml et préalablement tarée .

- Porter la capsule dans une étuve à dessiccation ou sur un bain de sable dont la température est maintenue à 105° pour éviter toute ébullition et toute perte de sédiments par projection .

- Après évaporation totale , peser la capsule et son contenu sec . Etant donné que la prise d'essai correspond à une quantité de terre fine séchée à l'air , il est indispensable de laisser les capsules après passage dans l'étuve à dessiccation ou sur le bain de sable , en contact avec l'atmosphère de la salle de travail durant un certains temps . Ceci afin que les sédiments se réhydratent et se mettent en équilibre hydrique avec l'atmosphère du laboratoire (1).

- Par différence avec le poids de la capsule vide , déterminer le poids "palh" de sédiment (argile + limon fin + limon grossier + hexamétaphosphate) contenu dans 10 ml de suspension .

b) prélèvement des argiles et des limons fins (particules inférieures à 20 microns).

- Opérer comme précédemment (il n'est pas nécessaire de maintenir la température du liquide à 20°) .
- Après agitation violente et par retournement du liquide , laisser déposer durant 4 minutes 48 secondes si la températures est de 20° (si la température est différente de 20° ,se reporter au tableau pour avoir le temps se sédimentation) .
- Effectuer le prélèvement de 10 ml à une profondeur de 10 cm dès que le temps de sédimentation s'est écoulé .
- Transvaser le prélèvement dans une capsule et son contenu sec .
- Faire évaporer puis peser la capsule et son contenu sec .
- Par différence avec le poids "palfh" de sédiment (argile + limon fin + hexamétaphosphate) contenu dans 10 ml de suspension .

c) Prélèvement de l'argile (particules inférieures à 2 microns) .

- Après avoir agiter violemment et par retournement , poser le flacon à proximité de la pipette de Robinson .

- Laisser sédimenter durant au moins 6 heures , en maintenant constante la température du liquide .
- Au bout de 6 heures , 7 heures ou 8 heures , on peut effectuer le prélèvement de 10 ml à une profondeur qui dépend de la température de la suspension et du temps de sédimentation (voir tableau) .
- Procéder ensuite comme précédemment , et déterminer le poids "pah" de sédiment (argile + hexamétaphosphate) contenu dans 10 ml de suspension .

3) Détermination de la surcharge d'hexamétaphosphate de sodium .

- Prendre n flacon jaugé à 1000 ml ou une éprouvette graduée de 1000 ml
- Verser 10 ml d'hexamétaphosphate de sodium à 100 g par litre .
- Compléter avec de l'eau distillée à 1000 ml .
- Agiter , puis faire un prélèvement à la pipette de Robinson comme précédemment .
- Transvaser le prélèvement dans une capsule en verre pyrex ou en porcelaine préalablement tarée .
- Faire évaporer puis peser la capsule et son contenu sec .
- Déterminer comme précédemment le poids "ph" correspondant à la surcharge en hexamétaphosphate contenu dans 10 ml de suspension .

4) Calcul des quantités d'argile , de limon fin et de limon grossier .

Le poids d'argile "pa" contenu dans 10 ml de suspension est égal à $Pah - Ph$.

Le poids de limon fin "Plf" contenu dans 10 ml de suspension est égal à $Palfh - Pah$.

Le poids de limon grossier "Plg" contenu dans 10 ml de suspension est égal à $Palh - Palfh$.

Connaissant ainsi les poids Pa , Plf , Plg , on peut calculer les poids d'argile , de limon fin et de limon grossier contenu dans 1000 ml de suspension , c'est-à-dire dans la prise d'essai de terre . les résultats sont ensuite exprimés en pourcentage .

5) Fractionnement des sables

- Superposer les tamis 200 microns et 50 microns .
- Faire passer le contenu du flacon sur le tamis 200 microns , à l'aide d'un petit jet d'eau .
- Faire couler sur les 2 tamis superposés de l'eau afin d'éliminer les particules inférieures à 50 microns .
- A l'aide d'un jet de pissette contenant de l'eau distillée terminer le rinçage des *sédiments tout en recueillant les sables fins et les sables grossiers* , séparément dans 2 capsules préalablement tarées .
- Eliminer la majeure partie de l'eau recueillie dans les capsules .
- Porter les capsules à l'étuve ou sur le bain de sable
- Après évaporation totale peser les capsules et leur contenu sec.
- Par différence avec les poids des capsules vides , déterminer les poids de sables fins et de sable grossiers contenus dans la prise d'essai .
- Exprimer les résultats en % .

Remarque :

1°) des agglutinations de particules de diamètre inférieur à 50 microns pouvant avoir lieu au cours du lavage à l'eau ordinaire , il est parfois préférables , avant le tamisage , de procéder de la manière suivante :

- Agiter le contenu des flacons de sédimentation .
- Laisser reposer durant 46 secondes si la température de la suspension est à 20° et à 10 cm de profondeur , siphonner les argiles et les limons .
- Effectuer plusieurs lavage et siphonages jusqu'à élimination presque complète des argiles et limons .
- Au cours d'un lavage il est conseillé d'ajouter quelques ml d'hexamétaphosphate de sodium pour redisperser les particules qui ont tendance à s'agglomérer .

2°) Si la terre analysée est calcaire , garder les sables fins et les sables grossiers pour doser la teneur en calcaire total des différentes fractions sableuses .

C- Produits chimiques et matériel

1) Solutions

- Eau oxygénée à 20 volumes et à 100 volumes .
- Hexamétaphosphate de sodium à 100 g/litre .
- Ammoniaque pure .
- Permanganate de potassium dilué .
- Alcool éthylique .

2) Verrerie

- Bêchers 600 ml forme haute en pyrex .
- Verres de montre pour mettre sur les bêchers .
- Flacons à grande ouverture , avec bouchon , jaugés à 1000 ml .
- Eprouvette de 10 ml ou pipette de 5 et 10 ml .
- Capsules en pyrex (ou en porcelaine) de 30 ml .
- Agitateur en verre .

3) Appareils

- Balance et précision (au 1/10 de mg) .
- Balance (au 1/10 de g) .
- Bain de sable .
- Etuve à dessiccation .
- Pipette de Robinson et accessoire (trompe à eau , tuyaux de vidange) .
- Agitateur mécanique .

4) Divers

- Thermomètre .
- Papier Joseph .

UTILISATION DE LA PIPETTE DE ROBINSON_KÖHN

MISE EN OLACE DE LA PIPETTE DANS LE FLACON

- Vérifier que la pipette est vide et propre .
- Fermer le robinet supérieur .
- *Tourner le robinet inférieur à 2 vois de telle façon que la voie V1 soit fermée et que l'autre voie V2 soit ouverte .*
- Placer délicatement le flacon à sédimentation sous l'extrémité inférieure de la pipette .
- En tournant le bouton de commande du système à crémaillère , descendre la pipette jusqu'à ce que son extrémité arrive juste en contact avec le niveau du liquide à prélever .
- Lire sur la règle graduée la valeur indiquée par l'index . A cette valeur , déduire celle de la profondeur à laquelle devra être fait le prélèvement .
- Abaisser de nouveau la pipette jusqu'à ce que son extrémité soit à la profondeur voulue .
- Veiller à ce que l'extrémité de la pipette ne vienne pas buter le fond du flacon .

ASPIRATION DU LIQUIDE A PRELEVER

- Ouvrir le robinet d'eau alimentant la trompe à eau (le vide créé par cette dernière permettra d'aspirer le liquide) . Régler le débit de manière à ce que le vide ne soit pas excessif .
- Tourner le robinet inférieur de la pipette de façon que la voie V1 soit ouverte . dès lors , le liquide monte dans la pipette et lorsque sa surface arrive au niveau de la

voie V1 , tourner le robinet inférieur jusqu'à ce que la voie V2 soit à nouveau ouverte , V1 étant alors fermée .

- Fermer le robinet d'eau alimentant la trompe à eau .
- Ouvrir le robinet supérieur de la pipette , le surplus de liquide ayant pu passer au-dessus de la voie V1 , est alors évacué par la voie V2 même robinet .

TRASVASEMENT DU LIQUIDE PRELEVE DANS UNE CAPSULE

- En agissant sur le bouton en rapport avec le système de la crémaillère , remonter la pipette jusqu'à ce que sa partie basale soit sortie du flacon .
- Enlever le flacon , puis prendre une capsule en pyrex ou en porcelaine d'une contenance de 30 ml et préalablement tarée avec une balance de précision .
- Tenir d'une main cette capsule juste en dessous de la pipette , l'extrémité de cette dernière étant presque appliquée sur le fond de la capsule . De l'autre main , ouvrir lentement la voie V1 du robinet inférieur , régler le débit du liquide de manière que ce dernier ne jaillisse pas au-dessus de la capsule .
- Fermer le robinet supérieur, remplir au 1/3 ou au 1/2 avec de l'eau distillée, l'ampoule en verre surmontant la pipette.
- Fermer la voie V1 du robinet inférieur tout en ouvrant la voie V2.
- Ouvrir le robinet supérieur, l'eau rince la partie de la pipette située au-dessus de la voie V1. Après lavage de cette partie, ouvrir la voie V1 pour rincer la partie jaugée de la pipette. l'eau de rinçage est recueillie avec précaution dans la capsule.
- Poser la capsule en lieu sûr.
- Rincer à l'aide d'une pissette d'eau distillée la partie externe et basale de la pipette , puis l'essuyer à l'aide d'un morceau de papier Joseph .
- Placer la capsule soit dans une étuve à dessiccation , soit sur un bain de sable dont la température est maintenue à 105° . Au-dessus de cette valeur on risquerait d'avoir des projections de liquide par ébullition , ce qui provoquerait des pertes de sédiments .

MEMOIRE DE MASTER

Type de Master : Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Sciences de la Terre

Spécialité : Géo-Ressources

**ETUDE ANALYTIQUE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES ET
HYDRIQUES DE DEUX TYPES DE BENTONITE (exemple de la
bentonite de Maghnia et de la bentonite de Mostaganem)**

Auteur : Abderrahim MELKI

Résumé

L'objectif de notre travail consiste à étudier les dépôts néogènes et essentiellement les dépôts argileux qui sont l'une des caractéristiques du bassin néogène du Bas Chélif et la plaine de Maghnia, présentant des propriétés spécifiques pour diverses applications.

Des échantillons ont été prélevés en trois points des deux gisements. Les paramètres physico-chimiques et hydriques des échantillons d'argile bentonitique prélevés ont été analysés : l'indice de gonflement, la matière organique, l'analyse granulométrique, pH, dosage du calcaire total, l'humidité, et détermination des caractéristiques API des suspensions préparées. Les résultats des analyses ont montré que la bentonite de Mostaganem possède certaines caractéristiques physico-chimiques spécifiques telles que la sodicité et la teneur relativement élevée du calcaire total et également une teneur assez importante de la matière organique. Enfin Les résultats trouvés montrent une différence très nette entre les deux bentonites étudiés.

Mots-clés : Bentonite, paramètres physico-chimiques, paramètres hydriques, matière organique, Hammam Boughrara, M'zila.

