

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE

N° d'ordre : 002 / ST / 2007

N° de série : 220 / Mag / 2007

Faculté des Sciences de la Terre de La Géographie et de L'aménagement du territoire

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

MEMOIRE DE MAGISTERE

En Géologie

Option Géologie des Substances Utiles

Présentée

par

SOUIKI SOUHEILA

Thème

**Les argiles du bassin de Mila - Constantine:
Composition minérale, chimique, caractéristiques géotechniques
et répartition des gisements**

Soutenu le : 11 Juillet 2007

Devant le Jury :

BENABBAS Ch.	MC.	Université de Constantine	Président
MARMI R.	Prof.	Université de Constantine	Encadreur
BOUREFIS A.	MC.	Université de Constantine	Examineur
BOUFETOUHA Y.	MC.	Université de Jijel	Examineur

Remerciements

*Avant tout, je remercie dieu qui m'a donné de l'aide
et de la volonté, pour pouvoir établir ce travail
Ce travail est le fruit de sacrifices, de volonté.
et de patience. Il n'aurait pu être réalisé sans l'intervention de
nombreuses personnes à qui je tiens à exprimer ma reconnaissance.*

*Mes remerciements s'adressent en premier lieu à
Monsieur Ramdane MARMI, je le remercie vivement pour
toutes les connaissances qui ma apprises, pour sa précision dans
le travail, et son bon cœur en suivant la progression
de ce modeste travail.*

*Merci à Monsieur Chaouki BENABBAS qui m'a enseigné
la géologie, je le remercie pour son aide en documentation
et je lui suis reconnaissante de l'honneur qu'il
me fait en assumant la présidence du jury de soutenance.
Je tiens également à remercier Monsieur Youcef BOUFATOUHA
qui me fait l'honneur en participant à mon jury de soutenance
Merci à Monsieur Ahcène BOUREFIS
qui a bien voulu examiner mon travail et faire partie du jury.*

*Je tien à remercier les enseignants et enseignantes qui
m'ont enseigné la géologie, au cours de mon cursus universitaire.
Mes sincères remerciements à Monsieur BOULARAK
pour les discussions que nous avons eu au sujet de Djebel Akhal
et de la carte qu'il m'a empruntée..*

*Enfin je dédie ce modeste travail à ma famille
et la famille de mon époux, et je ne saurai oublier dans mes
remerciements mon marie pour son aide et sa patience, mes
deux enfants Maïssa et Mehdi*

A tous Merci,

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : GEOLOGIE GENERALE ET REGIONALE	
Introduction :.....	1
I - Cadre géographique :.....	2
A. Introduction et situation géographique :.....	2
B. Historique des travaux antérieurs :.....	5
II – Cadre géologique régional :.....	5
A. domaine interne :.....	5
I. Socle Kabyle :.....	5
2. La dorsale Kabyle :.....	6
B. Domaine des Flyschs :.....	6
1. Les séries maurétanienne :.....	6
2. Les séries massyliennes :.....	8
3. Le Numidien :.....	8
C. Domaine externe : « Le sillon Tellien » :.....	8
1. Un domaine septentrional ou l'unité ultra-tellienne :.....	9
2. Domaine central ou Tellien s.s :.....	9
3. Domaine méridional :.....	9
D. L'avant pays allochtone :.....	10
E. L'avant pays autochtone et parautochtone :.....	10
III- Les Phases Tectoniques :.....	10
A. Les phases tectoniques mésozoïques :.....	11
B. Les phases tectoniques tertiaires :.....	11
1. La phase fini-lutétienne :.....	11
2. Les phases Miocènes :.....	11
3. La tectonique récente :.....	13
 CHAPITRE 2 : GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE	
I. Introduction :.....	15
II. Ensembles Lithostratigraphiques Du Bassin De Mila :.....	15
A. Les formations triasique :.....	15
1. Les terrains sédimentaires :.....	15
2. Les roches éruptives :.....	18

B. Les formations Jurassiques :	18
C. Les formations crétacées :	20
1. Le Crétacé inférieur marno-calcaire :	20
2. Le Crétacé supérieur :	23
D. Le Tertiaire :	25
1. Le Paléocène et l'Eocène:	25
2. L'Oligocène :	27
3. L'Aquitainien et le Burdigalien inférieur et moyen :	27
4. Le Mio-Pliocène :	27
5. Le Pliocène :	29
E. Le Quaternaire :	29
III - LA TECTONIQUE :	29
A. Tectonique de la plate forme néritique :	29
B. Les phases de déformation de la plate néritique Constantinoise :	34
1. La phase du Vallésien (Tortonien inférieur) :	34
2. Les évènements tectoniques fini-Miocène:	36
3. La phase du Pliocène supérieur :	36
CHAPITRE 3 : LES ARGILES : PRESENTATION ET TECHNIQUE D'ETUDE	37
A. Généralité et terminologie :	37
1. Terminologie :	37
2. Définition des roches argileuses :	37
3. Propriétés :	37
4. Structure des argiles :	37
B. Composition minéralogiques et classification :	38
C. Classification des minéraux argileux :	38
1. Le groupe de la kaolinite :	40
2. Le groupe des micas :	40
3. Le groupe de la montmorillonite :	42
4. Le groupe des chlorites :	42
5. Le groupe des vermiculites :	44
6. Le groupe des attapulgites, sépiolites :	44

D. Méthodes d'étude des argiles :.....	46
CHAPITRE 4 : CADRE GEOLOGIQUE DE CERTAINS GITES DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION	48
Introduction :.....	48
I. Géologie du bassin de Mila:	48
A. Cadre lithostratigraphie et structurale :.....	48
1. Lithostratigraphie :.....	48
2. Cadre structurale :.....	50
B. Caractéristique des substances utiles du bassin de Mila :.....	52
1. Matériaux de construction :.....	52
1.1 Matière à ciment :.....	52
1.2 Matière à briques et tuiles :.....	54
1.3 Matière à liant :.....	54
1.4 Pierres de construction :.....	55
2. Matériaux à usage industriel et chimique:	55
3. Conclusion :.....	56
C. Caractères géologiques, minières des dépôts argileux du bassin de Mila.....	56
1. Introduction :.....	56
2. Caractéristiques gîtologiques, minéralogiques et chimiques des différents gisements :.....	58
2.1. Le gisement d'argile rouge d'Ain Kerma :.....	58
a. : Description géologiques :.....	58
b. Description géomorphologique du gisement :.....	58
c. Pétrographie du gisement :.....	60
c.1.: Durée de vie du gisement :.....	60
2. Le gisement d'argile grise d'Ibn Zied :.....	62
a. Réserves :.....	62
b. Aperçu géographique et géologique de la région :.....	62
c. Description géologique :.....	63
d. Pétrographie des argiles :.....	63
e. Caractéristique chimique de la substance :.....	63
f.: Durée de vie :.....	64

g. Interprétation des sondages carottés d'Aïn Kerma :.....	64
3. Caractéristiques géologiques, minéralogiques et chimiques des argiles du gisement de Ferdjioua :.....	65
a. Travaux de recherche :.....	65
b. Composition minéralogique des argiles :.....	66
c. Composition chimique des argiles :.....	66
4. Caractéristiques géologiques, minéralogiques et chimiques des argiles du gisement de Mila :.....	67
4.1 Composition chimique des argiles :.....	67
5. Composition entre la composition chimiques et minéralogique des gisements d'argile du bassin Mila – Constantine :.....	68
6. Interprétation des analyses chimiques et minéralogiques des gisements :.	69
CHAPITRE 5 : REPARTITION DE QUELQUES GISEMENTS	70
D'ARGILES A TRAVERS LE BASSIN DE MILA	
I- Répartition des gisements d'argiles à travers le bassin de Mila-Constantine	70
A. Le gisement de Kherrouba :.....	70
B. Le gisement de Bou Malek :.....	70
C. Le gisement d'Ahmed Rachedi :.....	70
D. Le gisement de la Vallée du Rhumel :.....	71
E. Le gisement de Taha (Ain Tin) :.....	71
F. Etude géotechnique de quelques sites du bassin de Mila :.....	71
A. Propriété physique des sols et classification géotechnique :.....	74
B. Le site de la commune de Ain Tinn :.....	78
1. Description lithologique :.....	78
2. Essais de laboratoire :.....	80
3. Essais de laboratoire du même site Aïn Tin (sondage SC2*, SCC, SCD, SCE) :.....	83
Conclusion :.....	85
C. Le site du Djebel Akhal et la sortie sud du tunnel Dj.Akhal–Sidi Khelifa :.	86
1. Description lithologique :.....	86
2. Essais de laboratoire :.....	90
Conclusion :.....	92

D. Le site du Tunnel Krennenou :	93
1. Les sondages L. M. N. O. P. Q :	93
1.1 Description lithologique:	93
1.2. Essais de laboratoire :	97
2. Les sondages SQ1. SQ2. SQ3. SQ4. SQ5. SQ6 :	100
2.1. Essais physiques :	100
2.2. Essais mécaniques :	100
3. Le site « le bassin Tampon » à proximité du Tunnel Aïn Tin :	101
3.1. Essais de laboratoire :	101
Conclusion:	101
E. Le site de la station Anti-coupe de Bélier :	102
1. Situation :	102
2. Description lithologique:	102
3. Essais de laboratoire :	104
Conclusion :	105
F. Site de la future décharge intercommunale : Sidi Merouane – Zeghia	106
1. Situation :	106
2. Description lithologique :	106
3. Essais de laboratoire :	106
Conclusion:	110
G. Site de la Conduite de transfert Beni – Haroune :	111
1. Introduction :	111
2. Organisation de la reconnaissance :	111
3. description lithologique :	111
4. Essais de laboratoire :	112
Conclusion Générale :	123
Bibliographie :	124

TABLES DES FIGURES

Fig 1 : Situation géographique de la région étudiée (M.Durand Delga, 1969).....	page 2
Fig 2 : Réseau hydrographique du bassin de Mila	page 4
Fig 3 : Coupe géologique schématique illustrant les relations structurales entre les différentes unités de la chaîne alpine d'Algérie orientale (d'après M.Durand Delga 1969).....	page 7
Fig 4 : Coupe géologique du Crétacé moyen dans la partie NE du massif de Chettabah (d'après Coiffait, 1992).....	page 12
Fig 5 : Coupe géologique du Crétacé Supérieur au Sud du massif de Chettabah (d'après Marmi et Guiraud , 2006).....	page 12
Fig 6 : Coupe géologique du Miocène de Mila (d'après Marmi et Guiraud, 2006).....	page 12
Fig 7 : Les principales déformations rattachées à la compression Miocène, globalement NS (d'après O.Merle,1990).....	page 14
Fig 8 : hypothèse d'une déformation compressive en transpression dextre responsable des chevauchements vers l'Est affectant le socle Kabyle et la série des Flyschs à l'Eocène supérieur (d'après Y.Mahdjoub et O.Merle,1990)	page 14
Fig 9 : Situation géographique et toponymie des monts du néritique constantinois....	page 16
Fig 10 : Carte géologique simplifiée montrant la plate forme néritique Constantine...	page 17
Fig 11 : Djebel Khenneg : (schéma de principe avec attribution du matériel stratigraphique aux différents unités structurales).....	page 19
Fig 12 : Représentation schématique et synthétique de la série du Djebel AKhal (d'après J.M.Vila 1989).....	page 21
Fig 13 : Représentation de la série du DJ. Frictia (d'après J.M.Vila,1980).....	page 22
Fig 14 : Représentation schématique de la série du DJ Kerkra (massif de Chettaba (d'après P.E Coiffait 1992).....	page 14
Fig 15 : Coupe descriptive de la région de Redjas El Ferrada (J. M .Vila, 1980).....	page 26
Fig 16 : Le log stratigraphique illustrant les formations qui affleurent dans le bassin Constantinois ainsi que le bassin de Mila	page 28
Fig 17 : Coupes lithologique illustrant les différents contacts structuraux de la partie Nord du bassin de Constantine _Mila(P.E. Coiffait,1992).....	page 30
Fig 18 : Coupes géologique : 11' : passe par Dj. Aougoub_ Dj. Felten et coupe 22' (d'après C.Benabbas,2006).....	page 32
Fig 19 : Carte représentative d'une interprétation géologique et géomorphologique de l'image spatiale d'après (C.Benabbas,2006).....	page 33

Fig 20 : Coupe synthétique du Néogène du Sidi Merouane (M.Durand Delga, 1969)...	page 35
Fig 21 : Représentation schématique de la structure des principaux minéraux phyliteux (d'après Brindley1951).....	page 39
Fig 22 : Classification générale des minéraux argileux (d'après Millot, 1964).....	page 41
Fig 23 : Tableau illustrant la classification des minéraux argileux : Micas- Montmorillonites (d'après Millot .G, 1964)	page 43
Fig 24 : Structure schématique de la Sépiolite (d'après Brauner and Preisinger, 1956) et de l'attapulgite (d'après Bradley, 1940).....	page 45
Fig 25 : Localisation du secteur d'étude.....	page 49
Fig 26 : Colonne lithostratigraphique du bassin de Mila (d'après P.E. Coiffait, 1992)..	page 51
Fig 27 : Carte des substances utiles de la wilaya de Mila (d'après ORGM, 1999).....	page 53
Fig 28 : Réseau hydrographique de la région d' Ibn Zied et Ain Kerma (localisation des deux gisements).....	page 57
Fig 29 : Carte géologique au 1/200000 de Constantine illustrant les régions de Ain Kerma et Ibn Zied (d'après SONATRACH, 1977).....	page 59
Fig 30 : Les sondages 1,2,3 de Ain Kerma	page 61
Fig 30-a : Sondages N° 01.....	page 61
Fig 30-b : Sondages N° 02.....	page 61
Fig 30-c : Sondages N° 03.....	page 61
Fig 30* : Présentation graphique des éléments majeurs des gisements.....	page 68
Fig 31 : Carte d'implantation des sondages de différents sites de la région de Mila....	page 73
Fig 32 : Exemple de courbes granulométriques.....	page 75
Fig 33 : Coupe lithologique du site Aïn Tin : sondages (SC1-SC2-SC3-SC4-SC5-SC6).....	page 79
Fig 34 : Coupe lithologique de site Aïn Tin : sondage (SC2*-SCC-SCD-SCE).....	page 84
Fig 35 : Coupe lithologique du Site Djebel Akhal (entrée Nord du Tunnelo – Sidi Khelifa : Sondage (SC1*-SC2*-SC3*-SC4* et SC7*)).....	page 87
Fig 36 : Coupe lithologique du site Kennenou : L. M. N. O. P. Q.....	page 94
Fig 36-a : Logs lithologiques du sondage SCL.....	page 96
Fig 37 : Coupe lithologique de site de la station Anti-coupe de Bilier : Azzaba Lotfi et Graem : sondage (F-G-H-I).....	page103
fig 38 : Coupe lithologique de site de la futur décharge.....	page107
Sidi Merouane – Zeghia : sondage (SC1+SC2+SC3+SC4+)	
fig 39 : Logs lithologiques de Beni Haroun.....	page117

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Composition chimique des ciments Portland artificiels (B.R.G.M, 1983) ...	page 52
Tableau n°2 : Exigence de la composition chimique pour la fabrication de brique et tuile..	page 54
Tableau n°3 : Composition chimique de la substance (argile) du gisement d' Ain Kerma..	page 60
Tableau n°4 : Composition minéralogique des argiles d' Ain Kerma	Page 62
Tableau n°5 : Composition chimique des argiles du gisement d' Ibn Zied	page 63
Tableau n°6 : Composition minéralogique des argiles du gisement d' Ibn Zied.....	Page 63
Tableau n°7 : Epaisseurs moyennes des affleurements argileux du gisement de Ferdjioua.	Page 65
Tableau n°8 : Résultats de l'analyse minéralogique des argiles de Ferdjioua.....	page 67
Tableau n°9 : Composition chimique des argiles de Ferdjioua	page 67
Tableau n°10 : Les Teneurs en éléments majeurs des gisements d'argiles du bassin de Mila - Constantine.....	page 68
Tableau n°11 : Résultats d'analyse chimique des argiles di gisements de Kherrouba	page 70
Tableau n°12 : Description lithologique des sondages SC1 SC2 SC3 SC4 et SC5	page 78
Tableau n°13 : Tableau illustrant les résultats des essais physiques des sondages : SC1 SC2 SC3 SC4 SC5	page 80
Tableau n°14 : Analyse granulométrique et sédimentométrique des sondages SC1 SC2 SC3 SC4 SC5.....	page 81
Tableau n°15 : La Résistance au cisaillement des sondages SC1 SC2 SC3 SC4 SC5....	page 82
Tableau n°16 : Les Résultats de la compression à l'Oedomètre de (SC1 SC2 SC3 SC4 SC5.....	page 82
Tableau n°17 : Description lithologique des sondages SC2* SCC SCD SCE.....	page 83
Tableau n°18 : Les Caractères d'identification des sondages SC2* SCC SCD SCE.....	page 84
Tableau n°19 : Résultats des limites d'Atterberg des sondages SC2* SCC SCD SCE....	page 84
Tableau n°20 : Les Résultats de l'analyse granulométrique des sondages (SC2* SCC SCD SCE).....	page 84
Tableau n°21 : Représente le poids spécifique du sondages SCC.....	page 85
Tableau n°22 : Les Résultats de la résistance au cisaillement des sondages :SC2* SCC SCD SCE.....	page 85
Tableau n°23 : Les Résultats de l'Oedomètre des sondages du site d' Ain Tin.....	page 85
Tableau n°24 : Description lithologique des sondages du site de Djebel Akhal Sidi-Khelifa	page 89
Tableau n°25 : Caractères d'identification du SC**, SCA.....	page 90

Tableau n°26 : Résultats des limites d'Atterberg des sondages SC1**,SC3**, SCA, SC2**.....	Page 91
Tableau n°27 : Résultats granulométriques et sédimentométrique de : SC2**.....	page 91
Tableau n°28 : Résultats de la résistance au cisaillement du SCA.....	page 91
Tableau n°29 : Résultats de la compression de l'Oedomètre de : SC3**.....	page 91
Tableau n°30 : Résultats de la compression simple des sondages du Djebel Akhal Sidi Khelifa.....	page 92
Tableau n°31 : Description lithologique des sondages L.M.N.O.P.Q.....	page 95
Tableau n°32 : Les caractères d'identification des sondages L.M.N.O.P.Q.....	page 98
Tableau n°33 : Les Résultats de la résistance au cisaillement des sondages L.M.N.O.P.Q	page 99
Tableau n°34 : Les résultats à la compression simple des sondages L.M.N.O.P.Q.....	page 99
Tableau n°35 : Résultats des essais physiques des sondages SQ1 SQ2 SQ3 SQ4 SQ5 SQ6 (site de Krennenou).....	page100
Tableau n°36 : Résultats des essais mécaniques d Tableau n°38es sondages SQ1 SQ2 SQ3 SQ4 SQ5 SQ6	page100
Tableau n°37 : Essais Physique des sondages BT1 BT2 BT3 BT4 BT5.....	page101
Tableau n°38 : Essais mécaniques des sondages BT1 BT2 BT3 BT4 BT5.....	page101
Tableau n°39 : Description lithologique des sondages F G H I.....	page102
Tableau n°40 : Les Caractères d'identification des sondages F G H I	page104
Tableau n°41 : Les Résultats de la résistance au cisaillement des sondages F G H I.....	page105
Tableau n°42 : Les Résultats de la résistance à la compression simple des sondages F G H I.....	page105
Tableau n°43 : Résultats des caractères d'identification des sondages SC1+SC2+ SC3+SC4+.....	page108
Tableau n°44 : Résultats des limites d'Atterberg de : SC1+SC2+SC3+SC4+.....	page108
Tableau n°45 : Analyse granulométriques des sondages SC1+SC2+SC3+SC4+.....	page109
Tableau n°46 : Les Résultats de la résistance au cisaillement des sondages SC1+ SC2+ SC3+ SC4+.....	page109
Tableau n°47 : Les résultats à la compression à l'Oedomètre des sondages SC1+ SC2+ SC3+ SC4+.....	page109
Tableau n°48 : Les Résultats de la résistance au cisaillement des sondages SC1+ SC2+ SC3+ SC4+	page110

Tableau n°49 : Les Résultats des analyses chimiques des sondages SC1+ SC2+ SC3+ SC4+.....	page110
Tableau n°50 : Description lithologiques des sondages SC1++ SC2++ SC3++ SC4++ SC5++ SC6++.....	page112
Tableau n°51 : Les Résultats des caractères d'identification des sondages SC1++ SC++ SC3++ SC4++ SC5++ SC6++.....	page113
Tableau n°52 : Les Résultats de la limite d'Atterberg des sondages SC1++ SC2++ SC3++ SC4++ SC5++ SC6++.....	page114
Tableau n°53 : L'analyse granulométrique et sédimentométrique des sondages du site de Ben Haroun.....	page114
Tableau n°54 : Les Résultats de la résistance au cisaillement des sondages du site de Ben Haroun.....	page115
Tableau n°55 : Les Résultats de la résistance à la compression simple du site de Beni Haroun.....	page115
Tableau n°56 : Les Résultats de la résistance à l'Oedomètre des sondages du site de Beni Haroun.....	page115

Généralité

Chapitre I: GEOLOGIE GENERALE ET REGIONALE

Chapitre II: GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

Introduction

L'objectif principal de notre travail consiste en une étude des dépôts néogènes et essentiellement les dépôts argileux qui sont l'une des caractéristiques du bassin néogène de Constantine – Mila.

Les formations argileuses constituent la principale ressource minérale industrielle de la région.

Ce bassin post nappe est le résultat d'une structuration fini-miocène. Ce dernier appartient au domaine externe de la chaîne alpine de l'Algérie du Nord, composé essentiellement par des dépôts laguno-continentaux d'âge Mio-Plio-Quaternaire.

Il renferme un certain nombre de concentrations en substances utiles non métalliques notamment des accumulations de matériaux détritiques (tufs, sable et argiles) et évaporitiques (sel gemme et gypse). Ces accumulations représentent des réserves importantes en substances utiles non métalliques.

Ces substances utiles également particulièrement les argiles sont exploitées essentiellement par les unités industrielles pour la brique, tuile et la céramique ; sans oublier les autres substances utilisées dans le domaine des travaux publics.

L'intérêt de la région de Mila-Constantine ne se limite pas seulement à l'exploitation des argiles et des autres substances, mais fait toujours l'objet de recherche minérale et d'aménagement. Ces travaux consistent à la caractérisation géologique des différents sites devant servir de bassin tampon pour la conduite de transfert du barrage de Garrem (Beni Haroun).

Les données obtenues au niveaux de ces travaux sur des différents sites, seront utilisées comme guide de recherche et d'identification de nouvelles réserves de la substance minérale dans des endroits ou sites du bassin Constantine – Mila éventuellement, qui ne sont pas encore exploités ou pas identifiés.

A cet effet, notre démarche sera principalement axée sur une collecte de données géologiques et géotechniques sur ces sites à partir des travaux de recherches et d'exploration, travaux de terrains.

Ces derniers ont porté essentiellement sur quelques sites de la région de Mila et qui ont consisté à la caractérisation géologique des différents dépôts d'argiles au niveau des sites en exploitation et des nouveaux sites.

La présente étude est fondée sur :

- La répartition des différents gisements d'argiles dans les régions du bassin néogène « Constantine –Mila »
- l'identification des différentes formations lithologiques basée sur les données de forages.
- L'établissement d'une carte d'implantation des différents sondages.
- Caractérisation chimique, minéralogique et économique des argiles.

Chapitre I : Géologie régionale

I- Cadre géographique

A - Introduction et situation géographique

Le bassin sédimentaire Néogène de Mila, est situé à une cinquantaine de kilomètres au NW de Constantine. Il couvre la partie centrale de la wilaya de Mila, entouré au nord par les contres fort de l'Atlas tellien annoncé par le Sidi Driss (1364 m) et le Moid Aicha (1462m), à l'Est par les reliefs carbonatés du Djebel Khreng, de Djebel Akhal et Chettaba, au sud par Djebel Osman et Djebel Grouz et à l'Ouest par les reliefs carbonatés de Djebel Oukissène et Boucharef

Administrativement, Le secteur étudié fait partie de la wilaya de Mila, il est limité au nord par la wilaya de Jijel au sud par la wilaya Sétif, à l'est par la wilaya de Constantine (figure 1).

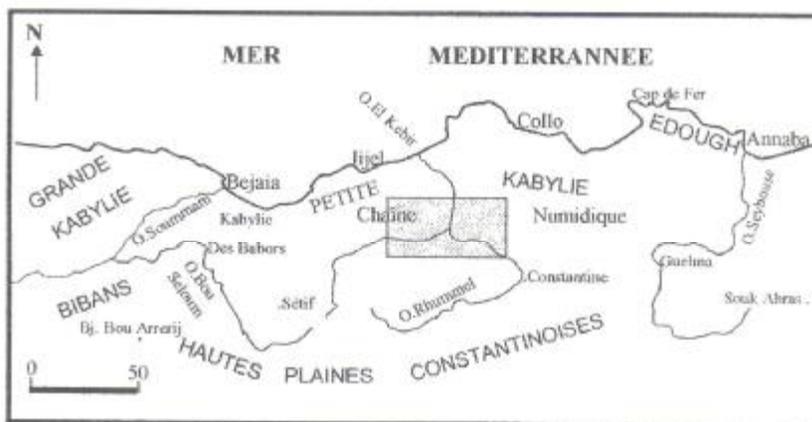


Fig. 1 : Situation géographique de la région étudiée (M.Durand.Delga, 1969)

1- Climat

Le bassin Néogène de Mila – Constantine est entièrement compris dans l'étage semi-aride doux. Les précipitations sont assez importantes avec une moyenne de plus de 600mm (633mm à Mila). L'essentiel des précipitations tombent entre Octobre et Février, faisant suite à une longue période sèche.

2- Réseau hydrographique

Le bassin de Mila – Constantine dans son ensemble, est un bassin élevé avec une altitude moyenne de 500 m, le bassin est drainé d'Est en Ouest par l'Oued Rhumel qui descend de 256 à 135m pour former avec l'Oued Endja, l'Oued El kebir au centre Ouest de la commune de Grerem. Le petit bassin d'Ibn Zied est drainé par l'Oued El Bagrats et le Nord de la commune de Mila par l'Oued Cotton.

Nous sommes en présence d'un réseau hydrographique (figure 2) extrêmement dense et hiérarchisé. La forme de la région en bassin avec un couloir Est-Ouest fait que nous avons une orientation générale du réseau hydrographique Sud-Nord ou Nord-Sud selon les cas.

3- Activité humaine et économique

La région de Mila est essentiellement à vocation agricole. Les céréales et l'élevage représentent la principale activité. Le secteur industriel est réduit à quelques petites industries :

- _ Unité briqueterie : Ferdjoua et Mila d'une capacité de 50000t/an.
- _ Unité de mise en bouteille d'eau minérale : Tassala 16000.000b/an.

_ Pierres taillées : Sidi Khelifa 1000m³/an

_ Unité de fabrication de faiences (carreaux et plaintes) : Mila 150.000m²/an.

Le réseau routier de la Wilaya de Mila est peu développé il est dominé par les anciennes routes souvent dégradées et des pistes dont certaines sont impraticable en hiver.

Figure 2 (0)

B - Historique des travaux antérieurs

La majorité des travaux de prospection minière et de recherches géologiques ont touché globalement le bassin Constantinois. Ils ont pour objet principal l'étude du môle « néritique Constantinois » au sens large et ses relations avec le contexte paléogéographique et structural. Le bassin Néogène de Mila est mal connu par rapport au bassin Constantinois. Toutes les études qui sont réalisées sur le Constantinois mentionnent en partie le sous-bassement Néogène de Mila.

Les premiers travaux géologiques sur le bassin Néogène de Mila sont effectués par Joleaud, dans une communication faite à l'Académie des sciences, en 1908. Il fut le premier à envisager l'existence de nappes de charriages dans la région de Constantine, dans le sous-bassement du bassin Néogène de Mila.

Au cours des dernières années, les connaissances évoluèrent très rapidement et les travaux récents ont étudiés quelques régions qui font partie du bassin Néogène de Mila, et permis de faciliter la compréhension de la géologie du bassin.

Ensuite des recherches minières et géologiques dans la région de Mila ont repris en 1948 dans le cadre des travaux de recherche dans le Constantinois, ont été réalisés en collaboration entre le service de la carte géologique d'une part et l'institut géologique de l'Université d'UTRECHT de l'autre, où les premières cartes réalisées sont au 1/50.000 résultant des exploitations de la mission hollandaise.

Cette dernière a fait des exploitations géologiques et minières avec l'auteur Rayand Van de Fiert (1955), auteur d'une étude faite sur la région d'Oued Athmania, dont les tracés géologiques ont servi pour l'édition de la première carte géologique au 1/50.000 qui est le seul document de base pour toutes les études sur la région de Mila et du bassin de Constantine du manière générale.

En 1974 – 1975, des travaux de prospection minières ont été menés par la direction de recherches de la SONAREM afin de satisfaire la demande de la S.N.M.C. pour l'étude du gisement d'argile à briques et tuiles de kherrouba (Mila).

En 1975 – 1976, les travaux de recherche et prospection sur les dolomies en vue de la production de réfractaires ont été effectués dans l'Est algérien. Parmi les chantiers prospectifs mis en évidence, le gîte de Djebel Teioualt a fait l'objet d'une prospection détaillée et s'est avéré très intéressant du point de vue géologo-économique.

II- CADRE GEOLOGIQUE REGIONALE

La chaîne alpine de l'Algérie du Nord est subdivisée en trois domaines paléogéographiques principales (figure 3) :

A. Le domaine interne

Il regroupe les massifs Kabyles à matériel antécambrien et paléozoïque, c'est le socle Kabyle, et une couverture calcaire qui constitue la chaîne calcaire de L. Glangeaud (1932) appelée par la suite « Dorsale Kabyle » par J. F. Raoult(1974).

1. Socle Kabyle

On le rencontre dans deux séries d'affleurement : au Nord, les massifs de grandes et petites kabylie, plus au Sud, le substratum de la Dorsale. Il comprendrait les termes suivants :

- Un ensemble crustal profond appartenant de quartzites, granulites (Bouillin et al ; 1976).
- Des gneiss présentant des intercalations de quartzites, d'amphibolites et des marbres.

- Des phyllades ayant subi un métamorphisme de basse pression avec une zone inférieure à biotite et une zone supérieure à chlorite.
- Un ensemble essentiellement sédimentaire paléozoïque débutant au Cambrien (Bandélot et Géry ; 1979) et atteignant le Carbonifère.

2. La dorsale Kabyle

Elle a été étudiée en détail dans sa partie orientale par J. F. Raoult (1974) et J.M. Vila (1980). C'est une zone étroite et discontinue qui caractérise l'axe interne de l'orogène nord-algérien : elle est subdivisée en trois unités :

* **Dorsale interne** : Sur un substratum constitué de phyllades et de rares affleurements paléozoïques, existent un Permo-Trias gréseux, rouge, un Lias carbonaté, un Jurassique supérieur et un Crétacé carbonaté et noduleux comportant d'importantes lacunes et d'épaisseur réduite, un Tertiaire transgressif d'abord néritique jusqu'au Lutétien, puis un Oligo-Miocène gréseux et micacé.

* Dorsale Médiane

Elle correspond à une série condensée continue du Crétacé inférieur à l'Eocène avec des faciès marneux et calcaréo-marneux pélagiques. Son substratum est analogue à celui de la dorsale interne.

* Dorsale externe

Définie par un Lias particulier souvent à Ammonites et Rhynchonelles puis par des séries conglomératiques du Dogger – Malm se terminant par des Radiolaires, gréseuses du Crétacé inférieur et conglomératiques du Sénonien au Lutétien.

La Dorsale correspond à un ensemble de lames et d'écailles empilés qui sont chevauchés par le socle Kabyle.

B. Domaine des Flyschs

La complexité structurale de la zone des flyschs ainsi que la pauvreté de celle-ci en fossiles, ils ont été pendant longtemps mal connus. J .F. Raoult (1969) distingue :

- Les flyschs de type « Guerrouch » (Tithonique- Crétacé inférieur), ou flyschs maurétaniens.
- Les flyschs «schisto-quartzeux », (flyschs albo-aptiens de Glangeaud, 1932), ou flyschs massyliens.
- La nappe numidienne.

1. Les séries maurétanienne (Bouillin ; 1977)

Elles comportent « un flysch calcaire » au Néocomien, un flysch à gros bancs de grés jusqu'à l'Albien moyen et un flysch à micro brèches calcaires plus ou moins sableuses de l'Albien supérieur au Lutétien. Au dessus se dépose durant l'Oligocène une série grés-micacée puissante débutant par un flysch à microbrèches rousses et atteignant le passage Stampien-Aquitainien.

La série maurétanienne constituée de bas en haut :

- a) de radiolarites attribuées au Jurassique terminal.
- b) d'un flysch schisto-gréseux d'âge Crétacé inférieur (Néocomien à l'Albien).C'est le flysch de type Guerrouch.

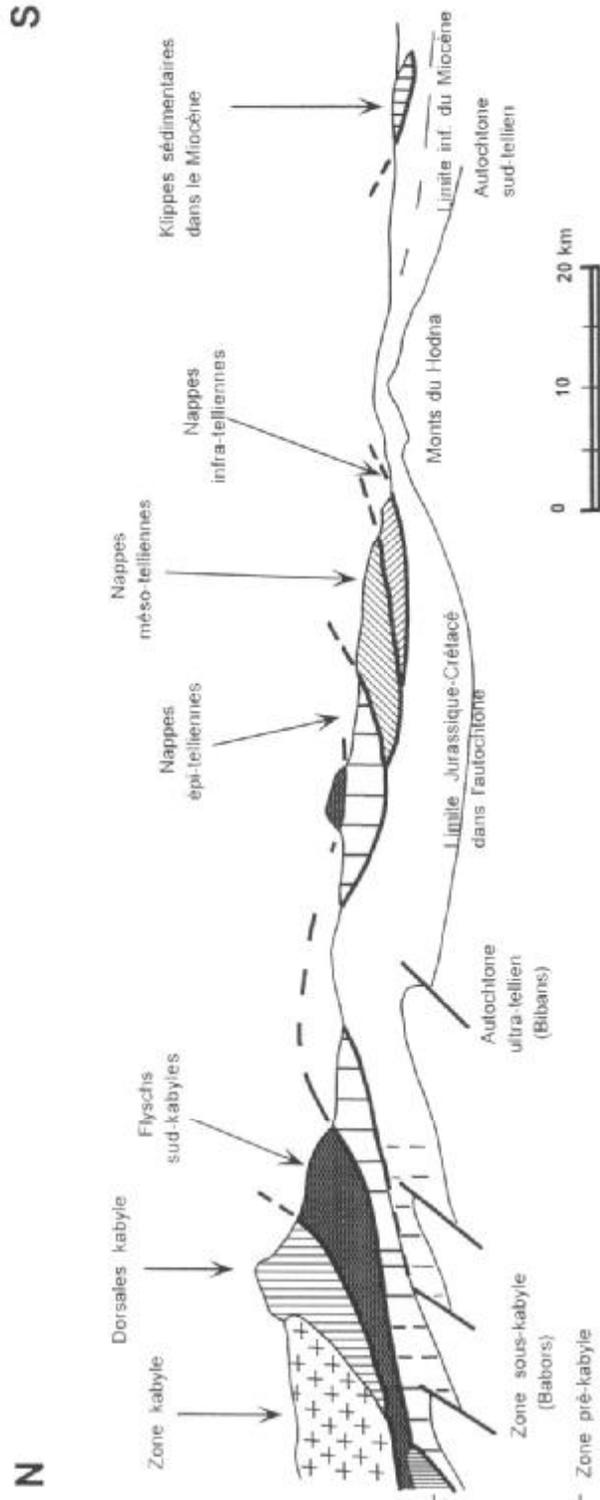


Fig. 1 : Coupe géologique schématique illustrant les relations structurales entre les différentes unités de la chaîne alpine d'Algérie orientale (d'après M. Durand-Delga, 1969).

- c) d'un Cénomanién conglomératique à bandes silicifiées blanches très caractéristiques, suivi d'une série d'âge sénonien à lutétien supérieur plus ou moins conglomératique.
- d) D'une puissante série grés-micacée débutant par un flysch à micro brèches rousses et atteignant le passage Stampien-Aquitanién.

La série cénomaniénne et la puissante série grés-micacée constituent le flysch de Penthivière.

2. Les séries massyliennes (Bouillin, 1977 ; Lahondère, 1987)

La série massyliénne, située au Nord du Kef Sidi Driss comporte de bas en haut les termes suivants :

- Des calcaires sableux et des argiles du Néocomien sur 10m.
- Un flysch pélito-quartzeux où dominent les couleurs vertes : c'est le flysch « Albo-Aptien » pouvant atteindre 300m d'épaisseur. Il est surmonté par des calcaires fins jaunâtres du Vraconién, épais de quelques mètres.
- Des phanites noirs et blancs sur 20m (Cénomanién et Turonién), localement remplacés par des brèches polychromes (J. F. Raoult, 1974).
- Un ensemble flyschoidé marno-microbréchique où l'on date tous les étages du Sénonien et qui peut dépasser 200m d'épaisseur.
- Des formations tertiaires aujourd'hui décollées et repoussées plus au Sud (série d'Ain el Kerma) comprend des argiles vertes et des niveaux de silixites. Cet ensemble atteint l'Oligocène inférieur.

Tous les critères sédimentologiques montrent que les formations massyliennes se sont déposées dans une zone profonde et sans doute à substratum océanique (Bouillin, 1986). Le flysch massylien d'origine plus méridionale surmonte très généralement le flysch maurétanién.

3. Le Numidién

Ce terme a été proposé par E. Ficheur (1890) pour désigner la trilogie suivante :

- des argiles vari colorées à Tubotomaculum dites : argiles sous numidiennes.
- des bancs de grés épais à grains hétérogènes.
- des argiles, marnes et silixites appelées : supra-numidiénne.

C. Domaine externe : « Le sillón Tellien »

Il s'agit d'importantes masses allochtones caractérisées par le développement de faciès marno-calcaires pélagiques au Nord et devenant progressivement pélagiques (néritiques) vers Sud. Le plus souvent ces séries sont décollées au niveau du Crétacé inférieur, ce dernier ayant été probablement déposé sur des « noyaux » rigides de carbonates jurassiques.

Les formations telliennes présentent des aspects différents non seulement du Nord vers le Sud mais également d'Est en Ouest.

D'importantes variations de faciès ont permis de distinguer trois unités : nous allons les regrouper à partir de critères simples surtout sédimentologiques mais également géographiques. On distingue ainsi du Nord vers le Sud, d'après J. C. Lahondère (1987), les domaines suivants :

1. Un domaine septentrional ou l'unité ultra-tellienne

C'est le domaine où se déposent des marno-calcaires de teintes claires renferment de riches microfaunes. Ils caractérisent vraisemblablement une surélévation à eaux oxygénées, l'ensemble date du Crétacé au Lutétien supérieur (Durand Delga, 1969).

On se basant sur l'étude des faciès de l'Ultra-tellien, J. C. Lahondère (1987) distingue deux sous ensembles ultra-telliens.

- Le premier, la plus méridional, est représenté dans la vallée de l'Oued Zenati et du Djebel Sbaa (Vila ; 1969), c'est l'Ultra-tellien typique.
- Le deuxième : l'Ultra-tellien septentrional correspond aux affleurements de la série de Braham (J. F. Raoult, 1968) au Kef Sidi Driss présentant un Sénonien inférieur réduit à quelques mètres et un Sénonien supérieur à niveaux bioclastiques et parfois très rares horizons de microbrèches.

2. Domaine central ou Tellien s.s

Il représente aujourd'hui de vastes affleurements dans la région de Sétif ceux-ci se réduisent considérablement vers l'Est. Il reçoit durant le Crétacé et le Paléogène plusieurs milliers de mètres de sédiments vaseux, de teinte sombre.

Les formations typiques sont bien développées à l'Ouest du Constantinois (vallée de l'Oued el Kebir), d'El Milia (Durand Delga, 1955 ; Obert, 1981), puis ils deviennent plus rares vers l'Est.

Durant le Sénonien et le Paléogène, cette zone se caractérise par une sédimentation marneuse de teinte sombre ; durant l'Eocène inférieur et moyen par une sédimentation calcaire et argileuse. Cette zone est très pauvre en microfaune.

Ce domaine centralo-tellien est situé entre la zone ultra-tellienne et les régions telliennes externes (zone pénitellienne et néritique).

3. Domaine méridional

Il regroupe les formations pénitelliennes et le domaine néritique et sa couverture. Le domaine méridional correspond à la remontée du bassin en direction de l'avant pays. Il reçoit une sédimentation variée, constituée parfois par des carbonates (plate forme néritique Constantinoise), parfois par des vases comparables à celles qui envahissent le sillon tellien. A la limite de ces faciès, la sédimentation montre de nombreux remaniements (brèches intraformationnelles, lacunes) témoignant de l'instabilité de cette zone.

3.1. Les formations pénitelliennes

Ces formations surmontent les massifs néritiques à l'Ouest et au Nord de Constantine Djebel Chettaba, Djebel Grouz et Kheneg). Le domaine pénitellien représente une zone de transition, il montre de nombreux niveaux de conglomérats intraformationnels (durant le Néocomien, le Cénomaniens et le Santonien). Ailleurs les formations pénitelliennes disparaissent sous les nappes et également sous les formations mio-pliocènes du bassin de Mila pour apparaître aux massifs de la région de Sidi Marouane et au Djebel Hellal. D'après J. C. Lahondère (1987), les formations pénitelliennes se présentent dans deux ensembles :

a)- Un ensemble parautochtone, affleurant donc au NW de Constantine, où la série comporte des termes allant du Jurassique jusqu'au Maastrichtien inférieur à moyen (Vila, 1980).

b)- Un ensemble allochtone, l'unité tellienne d'Oued Zenati.

3.2. Le domaine néritique et sa couverture marno-calcaire

Se distingue par ses séries carbonatées épaisses du Mésozoïques, (du Trias au Sénonien). Cette zone fut considérée pendant longtemps comme autochtone (D. Delga, 1969). Cette unité faisant partie de la chaîne atlasique ou avants-pays africain (J. M. Vila, 1980) et par suite comme zone appartenant aux régions externes telliennes (J. C. Lahondère, 1987).

Le domaine néritique aurait émergé à partir du Crétacé supérieur (J. M. Vila, 1980) ; l'émersion faite affleurer les formations marneuses et marno-calcaires du Sénonien supérieur et du Paléogène qui se superposent sur les formations carbonatées du Mésozoïque serait allochtones, issues des zones telliennes situées plus au Nord.

Pendant les phases tectoniques alpines, l'unité néritique s'est comportée de façon rigide, ses déformations se traduisant à des cassures et des plissements à grand rayon de courbure.

D. L'avant pays allochtone

Il est constitué de :

1. L'ensemble sud sétifien

Situé au Sud et à l'Ouest de la nappe néritique Constantinoise, est considéré comme autochtone depuis les travaux de J. Savornin (1920) et J. Glaçon (1963). Dans ses travaux J. Savornin (1920) met en évidence une ligne tectonique marquée par de légers chevauchements et des plis à déversement vers le Sud. C'est cette ligne qu'adoptera J. M. Vila et qu'il fera coïncider avec le contact anormal au front de l'ensemble sud- sétifien.

2. Les formations allochtones de type Sellaoua

Appelée aussi zone à écaille depuis les travaux de L. David (1956) et de C. Voûte (1967) et fut intégrée dans l'avant pays allochtone par J. M. Vila (1980) qui a vu en cette zone le siège de raccourcissements considérables qui sont attribués à des chevauchements de grandes ampleurs.

E. L'avant pays autochtone et parautochtone

L'avant pays autochtone comprend au de là de la flexure Nord saharienne, du Sud vers le Nord : le massif de l'Aurès et les monts de Batna-Bellezma.

1. Le massif de l'Aurès

Il se caractérise par de vastes plis plus ou moins réguliers orientés NE-SW, esquissés lors d'une phase tectonique post-lutétienne ayant abouti à l'émersion de ce massif.

2. Les monts de Batna-Bellezma

Ce sont de vastes plis anticlinaux dont les flancs Sud sont très redressés, tandis que les flancs Nord présentent des pendages plus faibles.

III- LES PHASES TECTONIQUE

La période prétectogénique de la chaîne alpine d'Algérie a commencé dès le Trias, mais elle s'est surtout structurée au cours des phases tectoniques tertiaires.

La structuration du bassin maghrébin est héritée d'une structuration ancienne (R. Guiraud, 1973), il s'agit d'un accident qui est une ancienne fracture profonde majeure connue actuellement sous le nom de flexure « sud atlasique », qui délimite la plate forme saharienne stable des domaines de l'avant pays de la chaîne des Maghrébides (R. Guiraud, 1973 ; D. Bureau, 1984 et 1986). Cependant la genèse de la chaîne alpine est caractérisée par les phases suivantes :

A. Les phases tectoniques mésozoïques

Les travaux réalisés jusqu'à nos jours confirment que le Trias correspond à une période de distension généralisée, accompagnée d'un volcanisme basique contemporain à une sédimentation argilo-gypseuse dominante (D. Bureau, 1970 ; R. Guiraud, 1973, Aissaoui, 1984)

Une subsidence différentielle au Jurassique inférieur qui continue jusqu'à la fin du Crétacé inférieur avec une direction générale des structures E-W caractéristique des bassins maghrébins (P. Deleau, 1938 ; G. Durozoy, 1960 ; G. Voûte, 1967).

Deux phases tectoniques localisées au passage Jurassique – Crétacé et au Crétacé supérieur.

1- Phase Jurassique supérieur : caractérisée par des discordance angulaires qui marquent la base du Crétacé inférieur (M. Durand Delga, 1949 et 1955).

2- La phase anté sénonienne : c'est une phase de compression associée à des plis E – W.

3- La phase de compression N-S (Sénonien inf-Santonienne)

Elle se manifeste par une lacune régionale du Turonien supérieur et Sénonien inférieur. Van de Fliert (1955), Durozoy (1960) et Guiraud (1973) dans l'ensemble du massif Constantinois.

Au massif de Chettabah Coiffait (1992) note la présence des conglomérats à galets polygéniques et hétérométriques à la base du Campanien. Les auteurs rattachent cet événement tectonique à une phase compressive du Sénonien inférieur. (figure 4)

4- Phase de compression du Maastrichtien

Le Maastrichtien est défini dans les formations du Constantinois central (Aris et al, 1998 ; Marmi et Guiraud, 2006). cet événement tectonique, probablement fini-Maastrichtien-Paléocène (65 Ma), se manifeste dans la région de Constantine par des plis dans les calcaires maastrichtiens, orientes globalement N70°E et par des failles inverses de direction E-W affectent les formations marno-calcaires maastrichtiennes (figure 5)

B- Les phases tectoniques tertiaires

1. La phase fini-lutétienne

Appelée aussi, la phase atlasique (R. Guiraud 1973), fini-lutétienne (M. Durand Delga, 1955 et al), priabonienne (J. M. Vila, 1980). Elle marque la fin d'un grand cycle sédimentaire. Cette phase aurait structuré la chaîne calcaire, les flyschs et les séries telliennes en lames ou en plis couchés à vergence Sud.

Dans l'Atlas saharien elle est manifestement la plus évidente, elle montre une direction de raccourcissement NW – SE.

2. La phase Miocène

Dans cette épisode existes deux phases compressives au Miocène inférieur et au Miocène supérieur :

2.1. La phase de compression du Miocène inférieur

La genèse des nappes dans le Constantinois (figure 6) déterminées depuis longtemps par (Durand Delga, 1969 ; Raoult, 1974 ; Guiraud, 1975; Vila, 1980). Elle résultait d'un raccourcissement NE-SW (Guiraud et al, 1987).

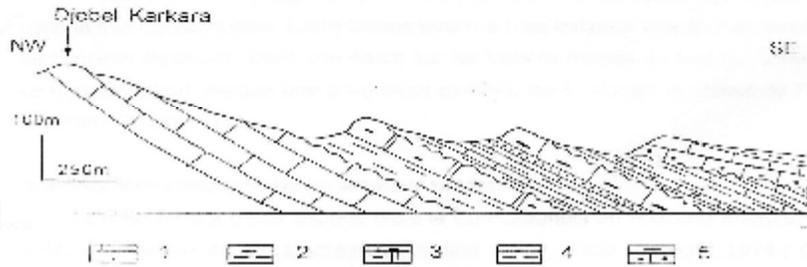


Figure 4 : coupe géologique du crétacé moyen dans la partie NE du massif de Chettabah (d'après Colffalt*, 1992)

1 : Aptien 2 : Albien 3 : Cénomaniens 4 : Turonien 5 : Campanien

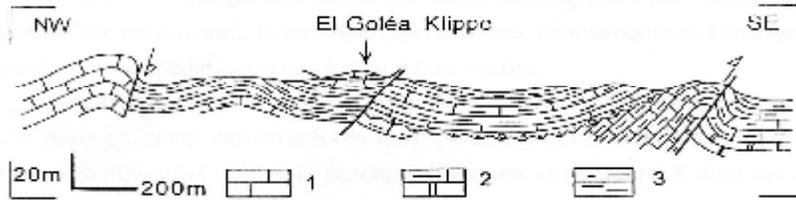


Figure 5 : coupe géologique du crétacé supérieur au sud du massif de Chettabah (d'après Marmi et Guiraud, 2006)

1 : Barrémien-Aptien 2 : Campanien inf.-Maastrichtien 3 : Maastrichtien sup-Paléocène.

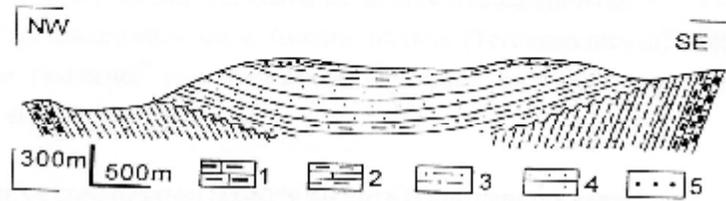


Figure 6 : coupe géologique du Miocène de Mila (d'après Marmi et Guiraud, 2006)

1 : Miocène inférieur 2 : Burdigalien sup- Langhien 3 : Messinien 4 : Plio-Quaternaire.

Cette phase est responsable, des décrochements NW-SE et NE-SW respectivement dextres et senestres (figure7) et des écaillages affectant les Babors (Y. Mahdjoub et O. Mercle, 1990). Raoult (1969) évoque une phase fini-Oligocène, marquée par l'accentuation des déformations antérieures, la formation de nouveau cisaillement et l'écoulement par gravité de lames sédimentaires plus ou moins vaste (Wided, 2007).

il existe donc une phase au Miocène dite la phase alpine, caractérisé par une direction de raccourcissement N-S. Pour J. M. Vila (1980) c'est la phase majeure tortonienne à vergence Sud qui est responsable des vastes recouvrements anormaux impliquant les formations au Burdigalien supérieur dont la nappe numidienne.

2.2. la phase de compression du Miocène supérieur

Pour Vila J. M., (1980), c'est la phase tortonienne majeure, à vergence Sud qui est responsable de vastes raccourcissements impliquant les formations postérieures au Burdigalien supérieur dont la nappe numidienne (Benabbas, 2006).

Dans le bassin Mila-Constantine, le Miocène terminal-Pliocène inférieur, représenté par les dépôts continentaux repose par une discordance angulaire sur le Tortonien marneux gypsifère (figure 8).

C. La tectonique récente

Le môle néritique Constantinois est affecté, dans sa partie méridionale, par une phase tectonique récente déformant les dépôts qui peuvent être attribués à du Pliocène inférieur. Comme les dépôts « villafranchien » ennoient les reliefs sans être déformés, il est logique de placer cette phase tectonique dans le Pliocène ; Coiffait (1992).

La tectonique récente ou poste nappe est mal connue. Dans le Constantinois J. M. Vila (1980) et P. E. Coiffait (1992), considèrent que les formations de la tectonique récente sont marquées par des failles normales de direction variable.

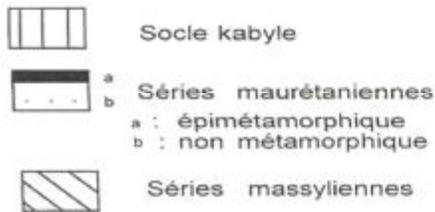
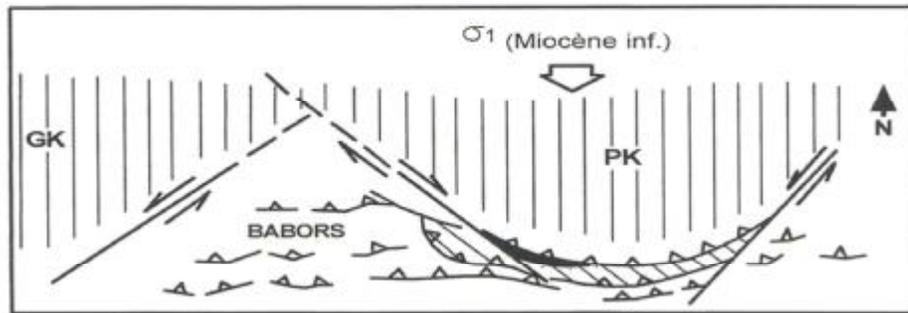


Fig. 2 : Les principales déformations rattachées à la compression miocène, globalement NS (d'après Y. Mahdjoub et O. Merle, 1990).

7

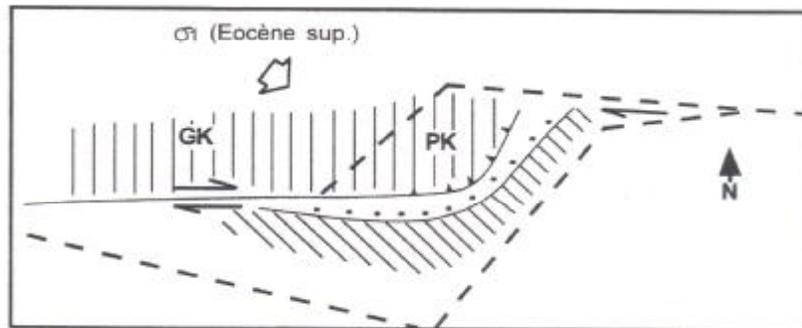


Fig. 3 : Hypothèse d'une déformation compressive en transpression dextre responsable des chevauchements vers l'Est affectant le socle kabyle et la série des flyschs à l'Eocène supérieur (d'après Y. Mahdjoub et O. Merle, 1990).

8

Chapitre 2

GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

I. Introduction

Le bassin de Mila fait partie du bassin poste nappe du Constantinois, (Coiffait, 1992) et il est son prolongement vers l'ouest.

Le bassin de Mila est couramment dénommé bassin Néogène de Mila, il est limité au Nord par l'arête montagneuse M'cid Aicha et du Sidi Driss, au Sud par le Djebel Ossmane et Djebel Grouz, à l'Est par les massifs du Djebel Chettaba, Akhal et Kheneg et à l'Ouest le Djebel Boucharef et Oukissène. Tous ces massifs représentent le substratum du Bassin de Mila – Constantine (figure 9), qui proviennent de domaines paléogéographiques différents (rapprochés ou superposés lors d'une phase tectonique antérieure aux dépôts Néogène (Coiffait, 1992).

II. ENSEMBLES LITHOSTRATIGRAPHIQUES DU BASSIN DE MILA

Les différents ensembles lithostratigraphiques représentés dans le bassin de Mila – Constantine, sont résumés d'après les auteurs suivants : M. Chadi (2004) ; P. E. Coiffait (1992); J. M. Vila (1980) :

A. Les formations triasiques

Elles correspondent aux terrains les plus anciens connus dans la région. Ils n'affleurent jamais en position stratigraphique normale, mais sous forme de diapirs ou le long d'accidents tectoniques.

Les formations de Trias (figure 10) soient généralement peu étendues dans le substratum proprement dit du bassin de Constantine. Au Nord d'Ain el Kerma, deux pointements triasiques existent au Kef Beni Hamza et à l'Ouest du Bir el Mentene. Au Sud d'Ain Tin (ex Belfort), la masse du Djebel Akhal est limitée au Nord par une lame de Trias.

Le Trias comprend deux types de terrains, fort constants dans toute l'Afrique du Nord : des roches sédimentaires et des roches éruptives.

1. Les terrains sédimentaires

Le complexe triasique est constitué essentiellement d'argilites bariolées et gypse. Il s'agit surtout d'argilites bigarrées, d'évaporites et de roches carbonatées essentiellement dolomitiques.

Les argilites bariolées sont de couleurs assez vives, parfois présentent un aspect lité, elles sont le plus souvent en amas confus associées au gypse.

Les roches carbonatées existent fréquemment, mais en amas ou en blocs de dimensions très variables. Il s'agit surtout de dolomies, le plus souvent noirâtres.

Des grés micacés de teinte rougeâtre ou jaunâtre se rencontrent également mais souvent plus rares.

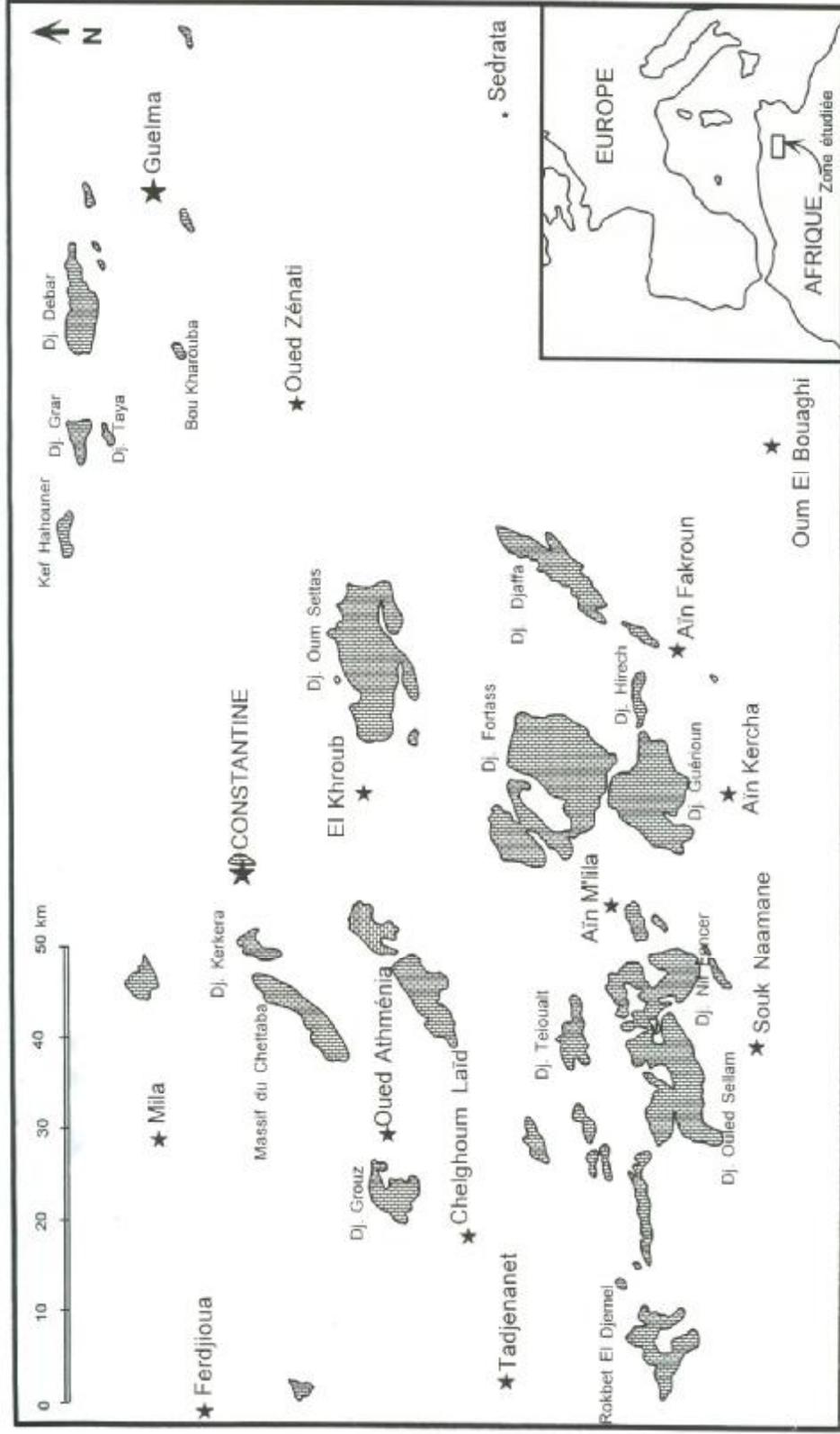


Fig 5 Situation géographique et toponymie des monts du nérétique constantinois.

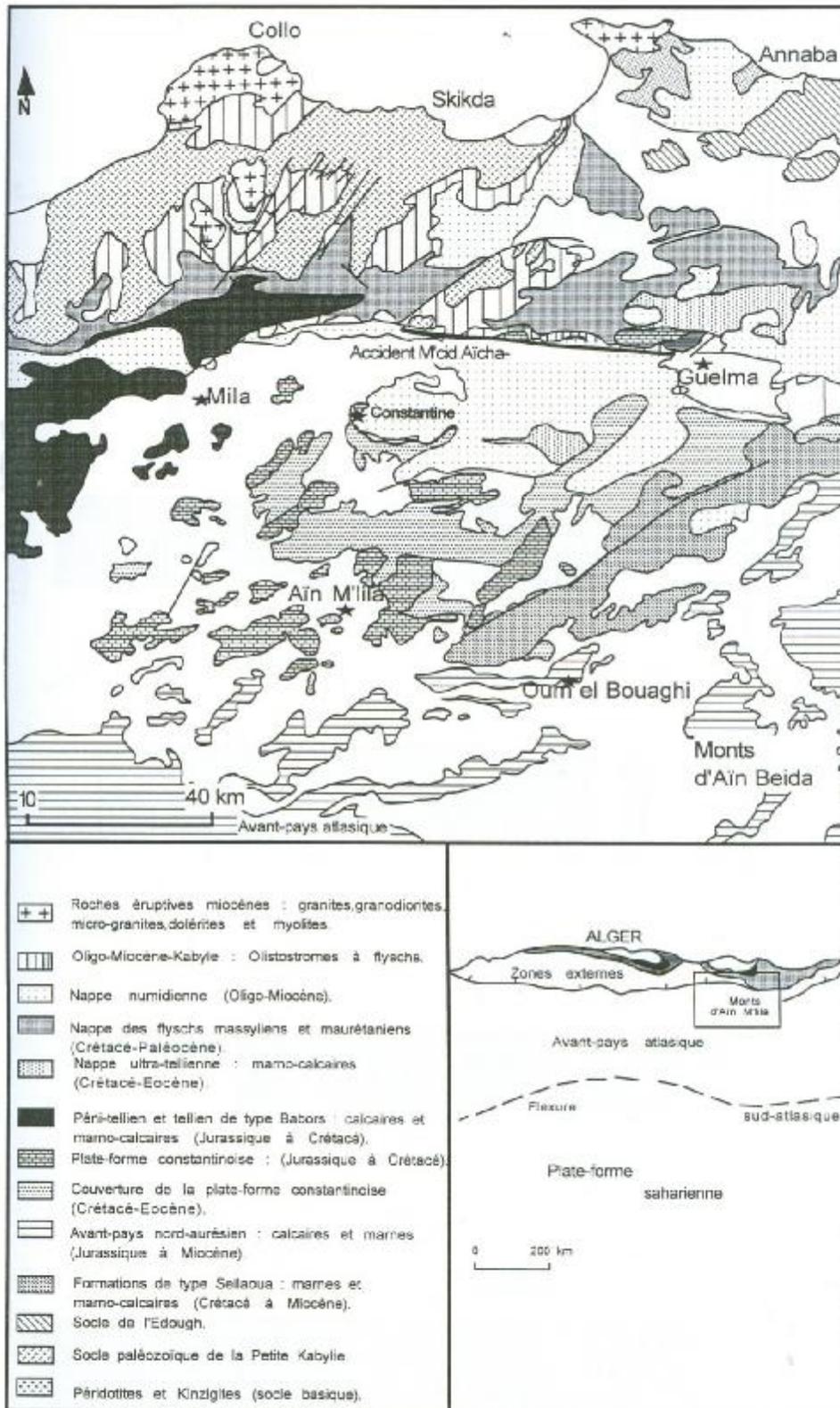


Fig.10: Carte géologique simplifiée montrant la plate-forme néritique constantinoise dans son cadre régional.

Le sel gemme ne s'observe jamais à l'affleurement, mais la présence de chlorure de sodium est manifestée dans les eaux qui sourdent des terrains triasiques.

Les minéraux libres associés au complexe triasique sont fréquents. Il s'agit essentiellement de quartz bipyramidés, noirs (L. Joleaud, 1912), des hyalins, des hématites et des méthystes. On trouve aussi des rhomboèdres de dolomite centimétriques noirs et des cristaux de pyrites le plus souvent oxydés en limonites.

2. Les roches éruptives

Sont fréquemment à l'état de blocs, se rencontrent au sein des terrains sédimentaires du Trias, il s'agit de roches vertes connues sous le nom d'ophites. Au pied du Djebel Akhal au Sud de Ain Tin (ex B elfort), il y a eu un affleurement assez important de ces roches éruptives assez peu altérées.

L'âge du Trias est déterminé par plusieurs méthodes. Les fossiles qui déterminent le Trias dans ces régions sont les Pélécypodes. L'âge exact des terrains triasiques est délicat à préciser du fait de l'interférence de plusieurs facteurs.

B. Les formations Jurassiques

Les formations jurassiques se caractérisent par une sédimentation carbonatée. Le Jurassique affleure au Djebel Akhal, au Djebel Karkra (Chettaba) et Djebel M'cid Aaicha (figure 9).

Les formations jurassiques forment une épaisse série de calcaires massifs comportent des horizons très fossilifères. Cependant le Jurassique comporte les termes suivants :

Le Lias : il est représenté par des roches carbonatées massives surmontées par des calcaires à silex.

Le Dogger : il est essentiellement caractérisé par des formations carbonatées souvent dolomitiques.

Le Malm : il est représenté par des calcaires fins à Calpionelles. Ces calcaires sont affectés par un phénomène de dolomitisation très important au Djebel Kheneg (figure 11).

Le Jurassique du substratum du bassin de Constantine et notamment du bassin voisin de Mila débute au Djebel Akhal (figure 12), où il affleure des roches carbonatées massives (Coiffait, 1992), surmontées de calcaires à silex, non datés, mais correspondant vraisemblablement au Lias. Le Dogger est également carbonaté mais le plus souvent dolomitique. Le Malm, quant il n'est pas dolomitique est formé, dans sa partie supérieure de calcaires fins à Calpionelles, vers le Sud Ouest (Djebel Frictia) (figure 13), la dolomitisation se développe. Un phénomène identique s'observe vers le Nord, au Djebel Kheneg. Mais dans ce dernier affleurement, les phénomènes de dolomitisation secondaire sont importants.

Dés le Jurassique cette région du substratum du bassin de Constantine s'avère être une zone de transition entre deux secteurs différents du domaine tellien (Coiffait, 1992) : le domaine des Babors, à l'Ouest et au Nord Ouest, et le môle néritique de Constantine, à l'Ouest et au Sud Ouest.

Le môle néritique lui même apparaît dès le Dogger comme une plate forme, bordée au Sud-Est par une zone pélagique.

FIGURE 11 (5)

C. Les formations crétacées

Les termes crétacés correspondent dans le domaine tellien, souvent dans le Constantinois à des calcaires néritiques déposés sur une ancienne plate forme, appelée tout d'abord « autochtone néritique » (Durand Delga, 1956).

Le môle néritique du Constantinois est aujourd'hui morcelé du fait de la tectonique en différents massifs isolés les uns des autres, affleurant à la faveur de failles qui leur permettent de percer en horst leur couverture.

Le Crétacé se subdivise en: un Crétacé inférieur et un Crétacé supérieur.

Les marnes et marno-calcaires du Crétacé inférieur, connues au Djebel el Akhal (figure 12) et qui s'observent également plus à l'Ouest dans la région d'Ahmed Rachedi, au Nord de Fredjioua, au Djebel Oukissène, au Boucharef et au Djebel el Halfa. Il s'agit là du péni-tellien de A. Marre et al, 1977.

Quant au Crétacé supérieur, il affleure sur de grandes surfaces essentiellement au Sud du bassin de Constantine. Il constitue, avec le Tertiaire tellien également à dominante marneuse ; (seul l'Yprésien est carbonaté).

1. Le Crétacé inférieur marno-calcaire

Les marnes du Crétacé inférieur sont bien connues au Djebel Akhal, (L. Jolaud, 1911), renferment des ammonites (comparables à celui de l'ultra-tellien) qui présente une série continue. Les séries du Crétacé inférieur sont représentées par :

- **Le Bérriasien** : il débute par un conglomérat calcaire à Bélemnites.
- **Le Bérriasien supérieur**: correspond à quelques mètres de marnes et de calcaires marneux à calcite très finement détritique.
- **Le Valenginien**: il correspond à une alternance de calcaires marneux et de marnes calcaires. J. M. Vila (1980), signale vers la base un niveau conglomératique à Duralia. Les marnes ont livré une riche faune d'ammonites.
- **L'Hautérvien**: il est représenté par une vingtaines de mètres de calcaires fins, claires à cassure foncée, alternant avec quelques marnes qui ont livré (L. Jolaud, 1911) : Phylloceras, Spitidiscus, Olcodiscus et Lamellaptychus.
- **Le Barrémien, l'Aptien et l'Albien** : ils correspondent à des marnes et marno-calcaires développés sur près de 250m. Un lambeau au flanc Sud du Djebel Akhal, présente des marnes à ammonites pyriteuses, a fourni quelques unes des espèces caractéristiques et contenant aussi quelques passés gréseuses.

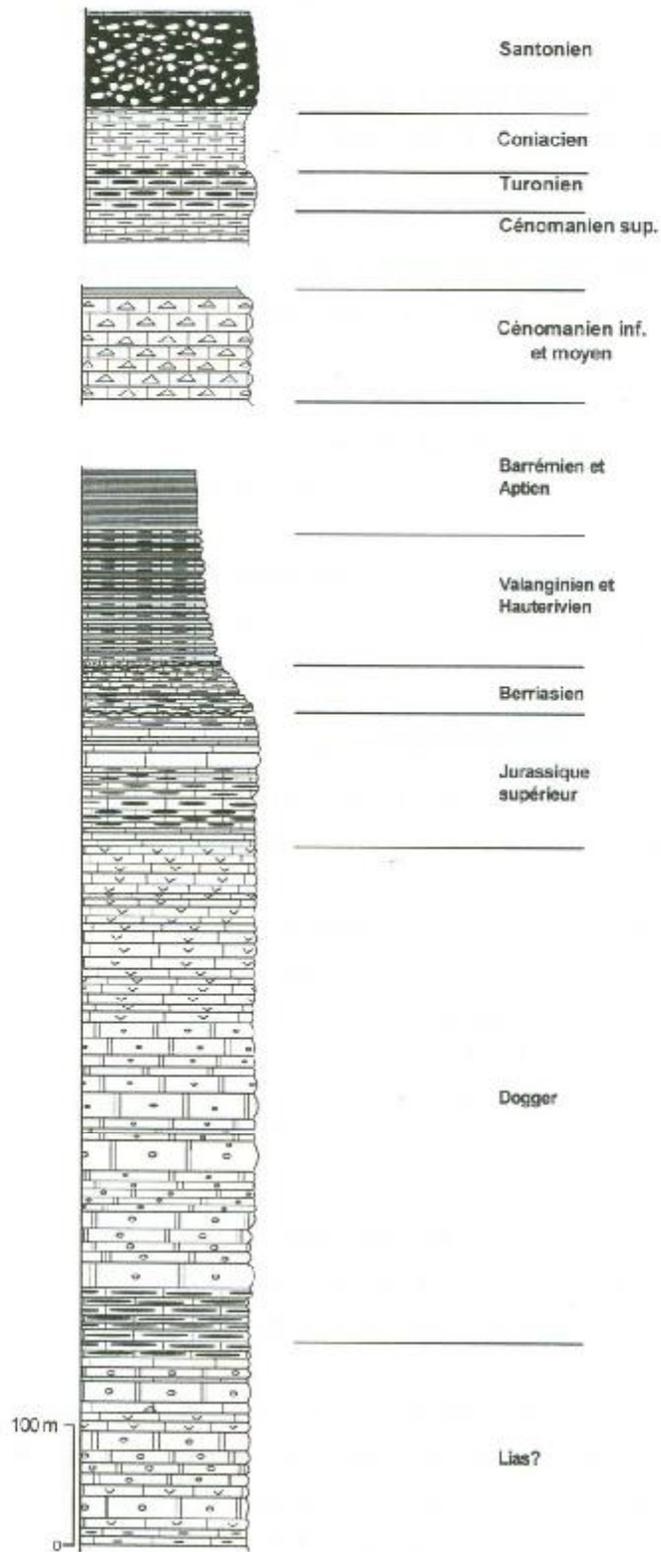


Fig. 12 : Représentation schématique et synthétique de la série du Jebel Akhral (d'après J. M. Vila 1980).

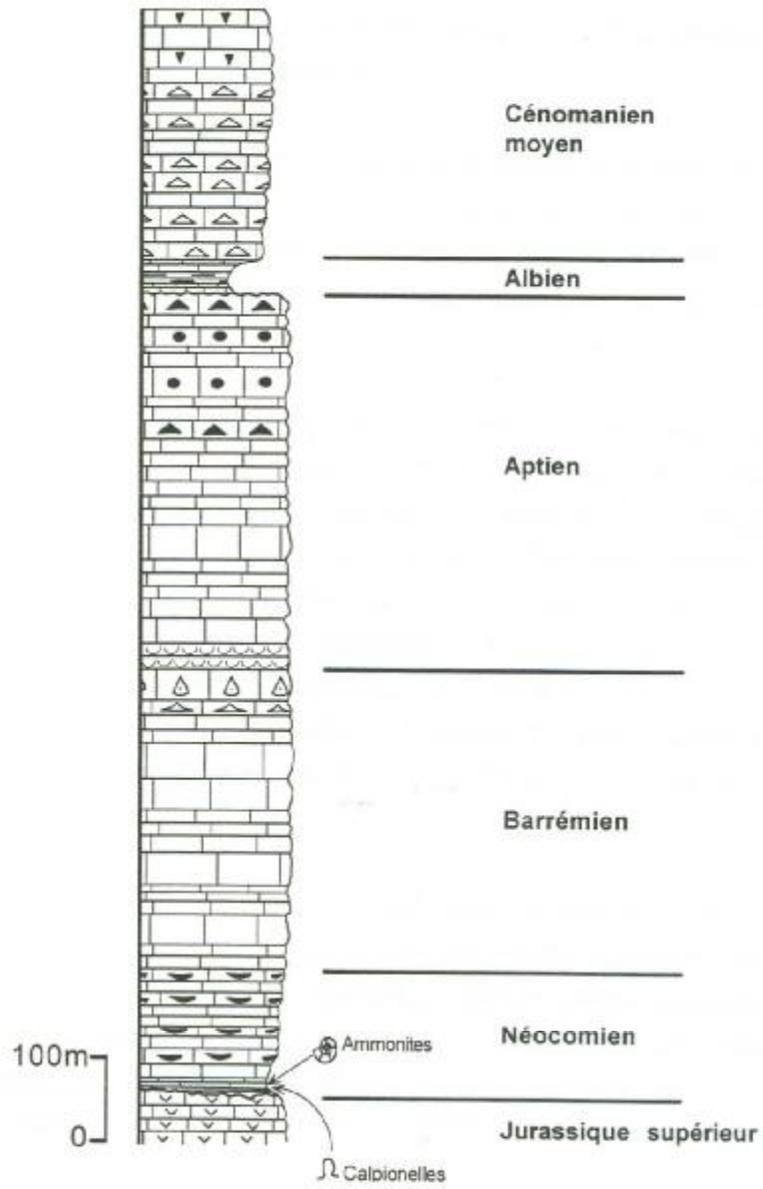


Fig. 13 : Représentation schématique de la série du Djebel Frikia (d'après J. M. Vila 1980).

L'Albien est généralement mince à intercalations marneuses fréquentes. Seul le Djebel Grouz montre selon J. M. Vila (1980), un Albien à bancs calcaires bien développés et à silex, par dessus des marnes et des marno-calcaires.

J. M. Vila (1980) décrit un Crétacé « moyen » marno-calcaire et réduit fort comparable à celui de Djebel Karkara (figure 14), dans les massifs affleurant au Sud-Est d'Ahmed Rachedi, aux Djebele Boucharef et Oukissène (au Nord de Ferdjioua) et au Djebel Halfa (à l'Ouest de Ferdjioua),(fig1). Cette période du Crétacé moyen est aussi marquée par une certaine instabilité dans la sédimentation. Cette instabilité est soulignée par la présence de surfaces durcies correspondant à des arrêts de sédimentation plus ou moins importants à la base de l'Albien, à la base du Cénomaniens (et au sein de celui-ci).

2. Le Crétacé supérieur

Dans la partie centrale du domaine tellien, le Crétacé supérieur correspond, par dessus les roches carbonatées du Cénomaniens, à des calcaires en bancs beaucoup moins épais, le plus souvent micritiques et l'âge des calcaires varie d'un massif à l'autre : du Turonien (Djebel el Amrissine), Maastrichtien (Rocher de Constantine). Ces calcaires correspondent à un enfoncement progressif de la plate forme du bassin Constantinois.

Les séries du Crétacé supérieur sont représentées par :

Le Cénomaniens

Calcaires en bancs bien réglés, formant au Djebel Grouz près de 300m, avec à la base des calcaires massifs à Orbitolines et la présence d'un niveau de conglomérats intraformationnels, surmontés de calcaires du flanc Est du Khenneg et du flanc Ouest du Djebel Akhal ont été attribués à cet âge.

Turonien

Le Turonien est également carbonaté et néritique et comporte aussi des marnes et des calcaires à silex. Ces formations affleurent au Djebel Khenneg, Djebel Zouaoui et dans le pourtour du massif du Chettaba.

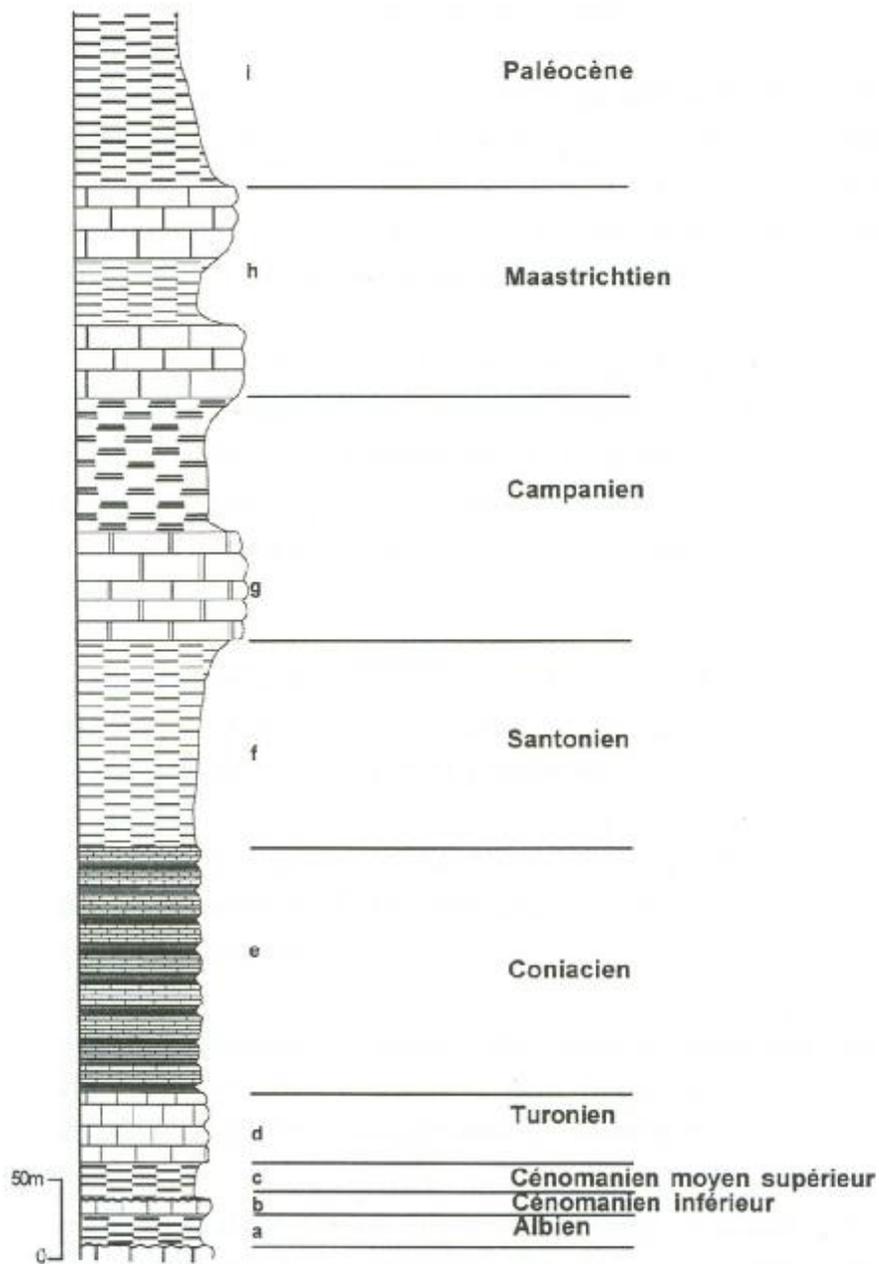


Fig. 8 : Représentation schématique de la série du Djebel Kerkera (massif du Chettabah) (d'après P-E. Coiffait 1992).

Maastrichtien

Il est composé de calcaires plus ou moins réduits selon les affleurements, comprend aussi des calcaires marneux en petits bancs, des marnes grises à la base, puis rapidement plus foncées.

Sénonien

Seules les formations du Sénonien inférieur sont représentées dans la partie occidentale du bassin Constantinois (Coiffait, 1992). Elles sont essentiellement formées d'alternances de marnes et de calcaires. Une surface durcie est assez fréquente au toit de ces calcaires sénoniens. Une couverture marneuse existe d'autant plus récente que l'on se déplace du Sud-Ouest vers le Nord-Est, elle débute au Sénonien au Sud-Ouest de (Koudiet Touachra), au Campanien dans le massif des Ouled Selem, mais que le Maastrichtien au Nord-Est (Rocher de Constantine).

D. Le Tertiaire

1. Le Paléocène et l'Eocène

Au Paléocène et l'Eocène, le domaine tellien présente une remarquable unité de faciès, une série type de Paléocène et l'Eocène est celle de Redjas : au Nord de Redjas el Ferada (figure 15), les séries du Tertiaire tellien forment l'essentiel du substratum du bassin de Constantine avec de bas en haut :

1.1. A la base, en continuité apparente de sédimentation avec les marnes du Maastrichtien sous-jacent ; 100m environ de marnes noires parfois indurés et à débit finement feuilleté. Ces marnes contiennent très fréquemment des niveaux de boules jaunes carbonatées, assez souvent mal individualisées et formant des sortes de bancs à débit en miches. D'après Coiffait (1992), de nombreux lavages effectués dans ces niveaux de faciès pourtant homogène ont permis de dater :

– **Le Pléocène inférieur**, à *Globigerina triloculinoides*, *Globorotalia pseudobulloides* et *Anomalina acuta* associés à quelques *Gumbelines* de petite taille, des débris de *Lagénidés* et des *Ostracodes* lisses ;

– **Le Paléocène supérieur**, avec *Globorotalia velascoensis*, *Globigerina triloculinoides* et de nombreux *Buliminidés*.

1.2. Par dessus, 150 à 200m de calcaires fétides et bitumineux, très claires. Ils contiennent de fréquents niveaux rognonneux de silex noirs. La base est assez souvent riche en concrétions phosphatées. L'étude des lames minces des niveaux marneux de la base de ces calcaires permet de dater le Paléocène terminal- Yprésien. Quant au sommet : il s'agit de Lutétien inférieur (Coiffait, 1992).

1.3. 200m au moins de marnes noires, à boules jaunes le plus souvent bien individualisées, marnes de faciès comparable à celles du Paléocène. La microfaune est riche, aussi bien en formes planctoniques que benthiques. Il s'agit du Lutétien. Le sommet de ces marnes étant toujours recouvert par les formations néogènes du bassin de Constantine, on ne peut pas savoir si des termes plus récents ont existé.

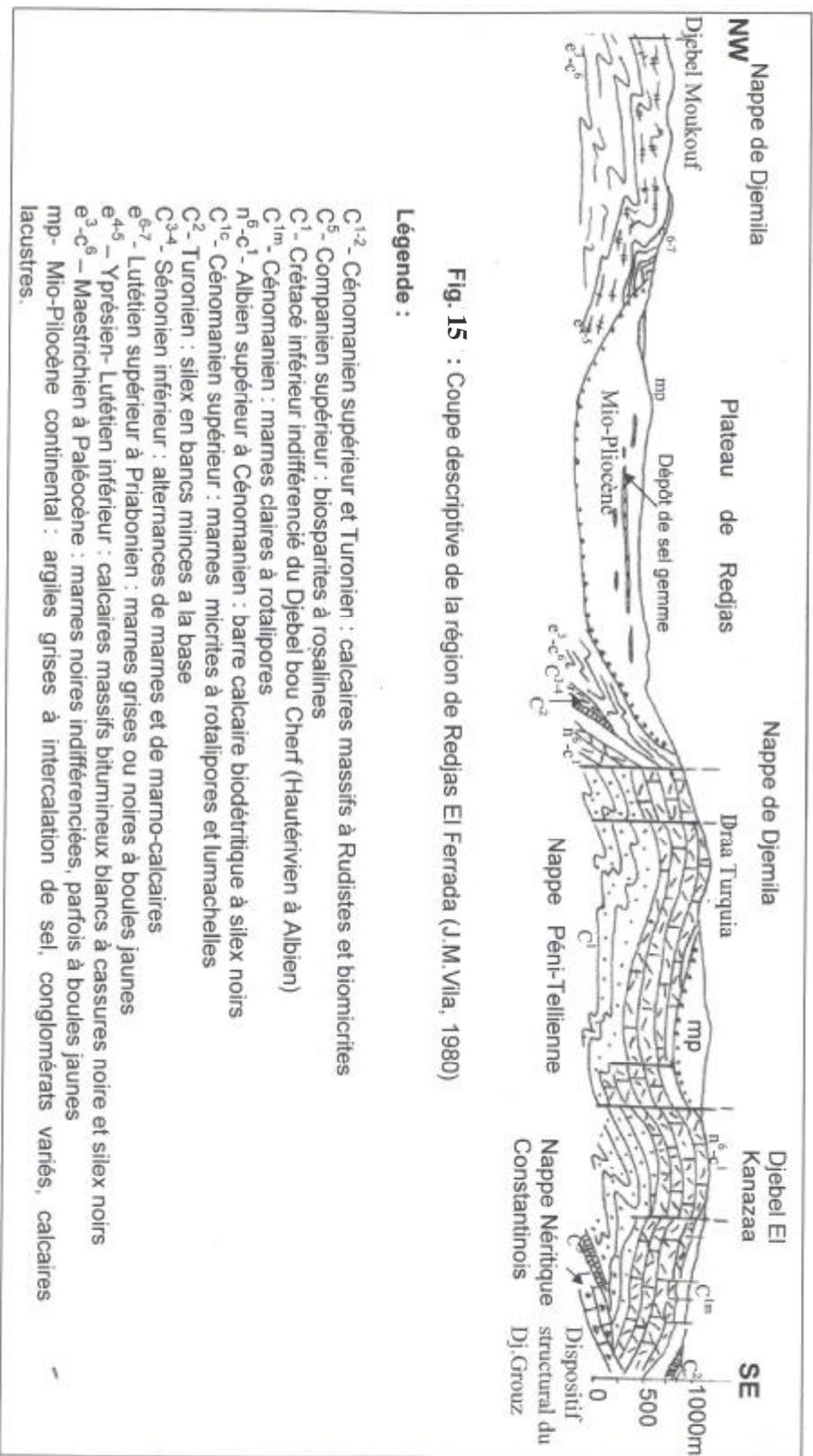


Fig. 15 : Coupe descriptive de la région de Redjas El Ferrada (J.M.Vila, 1980)

Légende :

- C¹⁻² - Cénomanien supérieur et Turonien : calcaires massifs à Rudistes et biomicrocrites
- C⁵ - Comptanien supérieur : biosparites à rosalines
- C¹ - Crétacé inférieur indifférencié du Djebel bou Chert (Hauteriviien à Albien)
- C^{1m} - Cénomanien : marnes claires à rotalipores
- n^{6-c1} - Albien supérieur à Cénomanien : barre calcaire biodétritique à silex noirs
- C^{1c} - Cénomanien supérieur : marnes micrites à rotalipores et lumachelles
- C² - Turonien : silex en bancs minces à la base
- C³⁻⁴ - Sénonien inférieur : alternances de marnes et de marmo-calcaires
- e⁶⁻⁷ - Lutétien supérieur à Priabonien : marnes grises ou noires à boules jaunes
- e⁴⁻⁵ - Yprésien- Lutétien inférieur : calcaires massifs bitumineux blancs à cassures noire et silex noirs
- e^{3-c6} - Maestrichien à Paléocène : marnes noires indifférenciées, parfois à boules jaunes
- mp- Mio-Pliocène continental : argiles grises à intercalation de sel, conglomérats variés, calcaires lacustres.

2. L'Oligocène

Dans les zones externes du Constantinois, l'Oligocène correspond à une sédimentation essentiellement marneuse avec de rares passées décimétriques gréseuse.

3. L'Aquitainien et le Burdigalien inférieur et moyen

Appelé aussi le Miocène marin, qui commence généralement par des niveaux conglomératiques et gréseux et se poursuit par des marnes gypseuses jaunâtres. Localement celles-ci présentent tous les caractères d'un dépôt synorogénique.

Le Numidien participe au substratum du bassin du Constantinois ainsi que le bassin de Mila. Au NE de Sidi Merouane, il constitue la chaîne de Zouarha. Le faciès des barres de grès hétérométriques alternant avec des argiles peu visibles, y est tout à fait banal.

4. Le Mio-Pliocène

Les formations du Mio-Pliocène recouvrent la majeure partie du secteur d'étude. Elles sont représentées essentiellement par des dépôts détritiques et évaporitiques, figure 16) : (argile grise à intercalation de gypse, conglomérats variés et calcaires lacustres).

Sur la feuille de Redjas el Ferada le Mio-Pliocène continental présente des variations importantes et rapides et couvre de vastes surfaces. Les conditions d'affleurements sont toujours mauvaises. La dominante argileuse des formations donne lieu à des fluages et à des glissements superficiels fort gênants. Dans la région de Mila, des marnes à *Ostrea Crassissima*, des marnes grises, des cailloutis contiennent localement de petits lits de gypse et des conglomérats rouges épais. Des calcaires lacustres forment les crêtes qui dominent Mila et constituent les plateaux méridionaux. Ce Mio-Pliocène n'est pas daté, il est transgressif sur n'importe quel terme antérieur. A 4 km à l'Ouest d'Ahmed Rachedi (ex Richelieu) les argiles grises ou gris bleu contiennent des niveaux de sel et de gypse en cristaux dispersés avec des argiles rouges et des fines plaquettes gréseuses. Selon Coiffait (1992), la sédimentation au cours du Mio-Pliocène, est marquée par des périodes de dépôt et des périodes de non dépôt. D'après cet auteur, trois cycles sédimentaires peuvent être distinguées :

⋮ Le cycle Langhien-Serravalien inférieur

Ce cycle est représenté par des argiles dites argiles de Mila et des marnes sableuses à intercalation de quelques bancs de grès argileux. Ces dépôts sont estimés d'âge Burdigalien terminal. Ce cycle est largement représenté dans la région de Mila.

⋮ Le cycle Mellalien supérieur – Serravalien supérieur

Il débute par des assises conglomératiques surmontées par des argiles sableuses rougeâtres (fig9), puis dans la partie Nord du bassin, viennent des calcaires lacustres et le sommet se termine par des argiles noires. L'âge est estimé pour les formations médianes est terminales : Mellalien – Serravalien supérieur.

Figure 16 (9)

Le cycle Turolien inférieur (Tortonien inférieur)

Le dépôt débute à la base par une assise conglomératique et gréseuse, puis une assise marneuse. Dans la partie septentrionale, une épaisse série de calcaires lacustres surmonte ces deux assises.

5. Le Pliocène

Il est caractérisé par le dépôt des calcaires à empreintes végétale ou calcaires lacustres. Se sont des calcaires blanc rosés ou rouges renferment des : *Helix fossulata*, *Hipparion gracile*, ...etc. Ces calcaires sont fréquemment pisolithiques, leur puissance peu atteindre 100m. Ces calcaires jouent un rôle important dans l'orographie de la région, ils couronnent le plateau entre le massif du Chettaba et le Djebel- Akhal.

E. Le Quaternaire

Les formations quaternaires sont bien représentées dans le bassin de Mila. Le Quaternaire forme la couverture récente du bassin de Mila. Les formations quaternaires sont formées par des alluvions actuelles et récentes, qui sont des sables, des graviers et des limons, des terres arables, des formations de pentes, alluvions anciennes des terrasses.

Les calcaires lacustres sont attribués au Quaternaire, il s'agit de calcaires à débris de plantes, et enfin les éboulis à blocs des Djebel Bou Charef et Ouakissène.

III - LA TECTONIQUE DU CONSTANTINOIS

A . Tectonique de la plate forme néritique

La formation et la structure du bassin de Mila sont différentes selon qu'il s'agit du substratum calcaire ou de la couverture marneuse. Le premier correspondant à la plate forme Constantinoise, forme des massifs isolés, apparaissent généralement en demi-horst sous leur couverture marneuse. Celle-ci est souvent décollée et former de véritables nappes de charriage, les nappes telliennes, accumulées plus au Sud (Coiffait, 1992).

Le bassin de Constantine occupe une situation très particulière au sein de la chaîne des Maghrébides. Il se développe au pied de la limite méridionale des zones internes : flyschs internes, socle et Dorsale kabyle. Cette limite correspond à un important accident orienté N 100° E à N 110° E plus que d'une faille proprement dite, il s'agit d'une famille d'accidents reconnus depuis longtemps : « zone faillée du Sud » (Coiffait, 1992). Cette zone de failles se suit sur plus de 80 km, du Djebel M'cid Aicha à l'Ouest, jusque, vers l'Est au delà du Djebel Debar au Nord de Gulema, appelée accident M'cid Aicha – Debar.

Les structure induite par l'accident N 100° E à N 110° E dans les nappes de charriages (Coiffait, 1992), et, d'une manière générale dans les terrains antérieurs au Néogène, ont été bien décrite par J. F. Raoult (1974). Mais les structures développées dans les terrains post nappes n'avaient jamais été étudiées.

Au pied du Djebel Sidi Driss, deux chevauchements peuvent être observés dans les terrains néogènes. L'anticlinal de la Mecheta Guettara, où les calcaires vallésiens (Serravalien supérieur) de la Coudiat el Kendoul reposent directement sur le flysch à affinité maurétanienne, chevauche vers le Sud les argiles et les conglomérats du synclinal au cœur duquel coule l'Oued Rhumel.

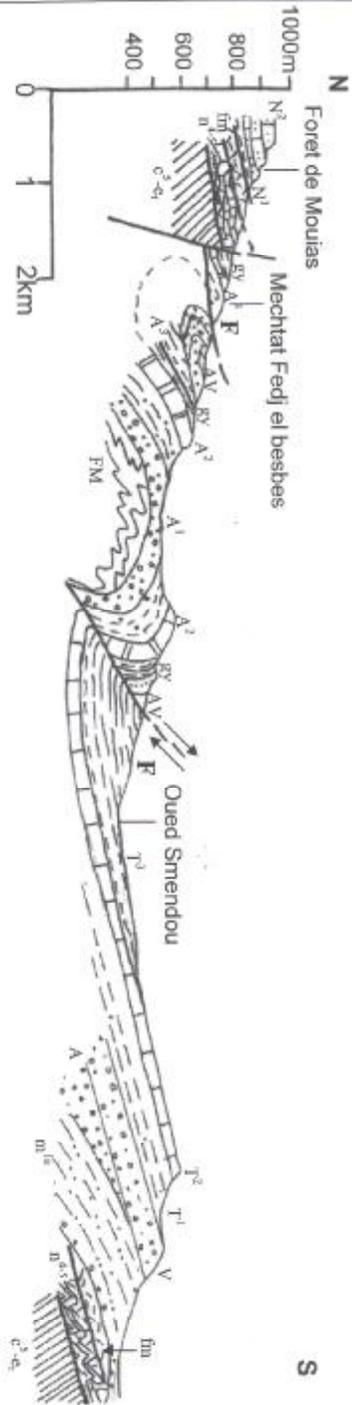


Fig. VI-5 : Coupe géologique illustrant les différents contacts structuraux de la partie nord du bassin de Contantine- Mila (P.E Coiffait)

Séries du substratum :

- N² - grès numidiens
- N¹ - argiles sous-numidiennes
- fm - flysch massylien
- FM - terrains à affinité maurétanienne
- n⁴⁻⁵ - Barrémo-apfien ultratellien : marne-calcaires et marnes
- c^{2-q} - Crétacé supérieur et Eocène telliens

Séries néogènes de bassin de Mila-Constantine :

- T³ - Turonien inférieur : marnes et calcaires lacustres- formation de Sidi Mèrouane
- T² - Turonien inférieur : calcaires lacustres- formation de Sidi Mèrouane
- T¹ - Turonien inférieur : argiles sableuses- formation de Sidi Krenenou
- V - Vallésien probable : formation des conglomérats de Mila
- AV - Astracien supérieur - Vallésien : formation détritique de Rar Sélim
- gy - Passée de gypse rubané (gypse de la Mechtat Lakfal)
- A³ - Astracien à Turonien : pelites foncées
- A² - Astracien : calcaires lacustres- formation de la Koudiat bou el Kendoul
- A¹ - Astracien : conglomérats rouges- formation de la M¹⁰ et Amrissine
- A - Astracien probable : formation des conglomérats du Kef en Nsour
- m¹⁰ - Burdigalien terminal- Langhien : argiles de Mila

Dans la région de Sidi Merouane, on distingue un chevauchement qui amène le numidien du chaînon de Zouara reposer sur le Miocène du bassin de Constantine (I. Remache, 2006).

L'importance exacte de l'accident : il affecte profondément le substratum du bassin de Constantine, Raoult (1974) estimait que son rejet était de plus de 300m. Remarquons enfin que, si souvent un accident vertical sépare les terrains néogènes des terrains anté-nappes situés plus au Nord, on peut, par endroit, observer les terrains post-nappes reposés directement sur leur substratum.

La marge méridionale du bassin de Constantine est assez différente de la bordure septentrionale, le plus souvent, les terrains de la partie sud du bassin reposent directement sur le substratum anté-néogène.

Au Nord du massif du Chettaba, les séries néogènes peuvent être séparées par une faille, des calcaires créacés. Cette faille correspond à un décrochement en régime compressif encore actuel. Le bassin de Constantine apparaît ainsi comme bassin installé sur un décrochement.

Entre Constantine et Ain Tin, la base des dépôts post nappes correspond, également à de l'Astaracien, mais les dépôts sont de faciès différents (argiles gypseuses et conglomérats). Enfin, au delà de Ain Tin, le Néogène débute par les dépôts marins des argiles de Mila (figure 17). Une importante faille limite ces argiles et l'Astaracien situé plus à l'Est.

Selon une coupe faite par (Benabbas C, 2006) passe par Djebel Akhal – Djebel Aougueb – Djebel Felten. Toute la zone entre Djebel Aougueb et Djebel Felten est perturbée (figure 18). Du fait de la présence du Trias dans ces lieux indique que cette zone est fortement tectonisée.

Oued Seguin se présente comme une grande limite structurale, séparant les formations mésozoïques de Djebel Akhal de celles Mio-pliocènes qui constituent la structure de Ain Mtouan (Benabbas C, 2006).

La carte morpho-structurale de la région de Constantine (Benabbas C et al 2001), laisse apparaître un système de fractures complexes (figure 19).

*** La famille E-W**

Elle se distingue par une extension le plus souvent supérieure à 1 km. La plupart des accidents E-W présentent une cinématique décrochante dextre.

Le massif du Djebel Akhal est limité par un grand accident E-W, ce dernier ressort très bien au niveau de la carrière « SONACOM », (Benabbas C , 2006).

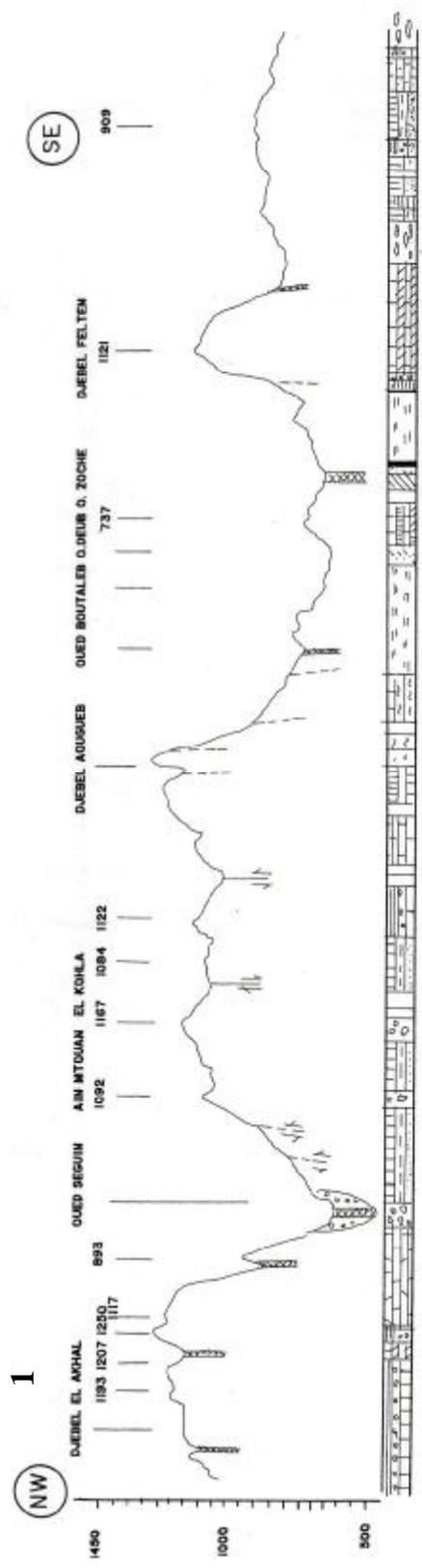
*** La famille NE-SW**

Les accidents appartenant à cette famille sont bien représentés dans la partie centrale de la région de Mila-Constantine (Benabbas C, 2006).

On remarque trois structures importantes :

- Un faisceau de failles parallèles qui s'étend du Djebel Aougueb- Zaouaoui et va au moins jusqu'à Djebel Bergli. ce faisceau est directement lié à la mise en place de l'ensemble d massif de Chettaba, ainsi qu'à l'apparition du Trias.
- Un autre faisceau plus à l'Ouest et part du versant méridional du Djebel Akhal jusqu'à Djebel Kheneg en passant par Kef En Nesour. Il semble décaler un accident E-W et son mouvement est apparemment senestre.
- Une zone de failles vient limiter Djebel Akhal dans sa terminaison orientale et empreinte un segment de Oued Koton. le long de cette zone, on note la présence d'un affleurement triasique ainsi qu'une source thermale.

1'



2'

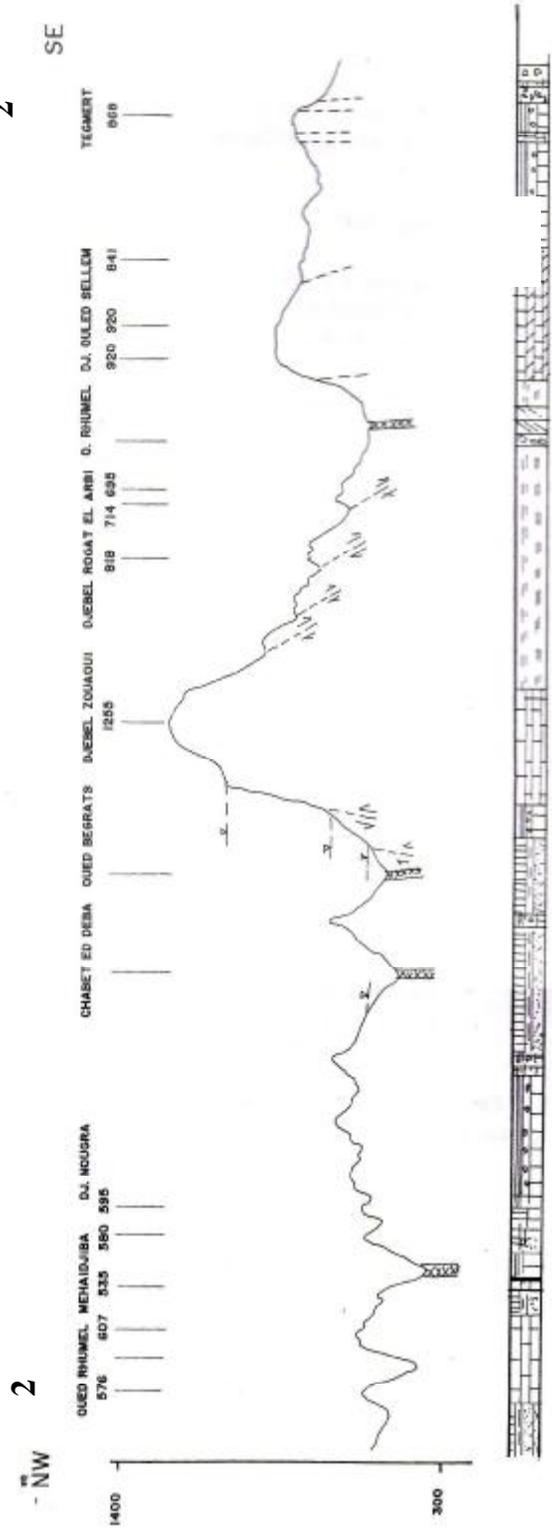


Fig.18: Coupes géologique :1-1' / 2-2' Face Djabbel Akhal – Djabbel Yaagoub – Djabbel Felten (Benabbas .C 2006)

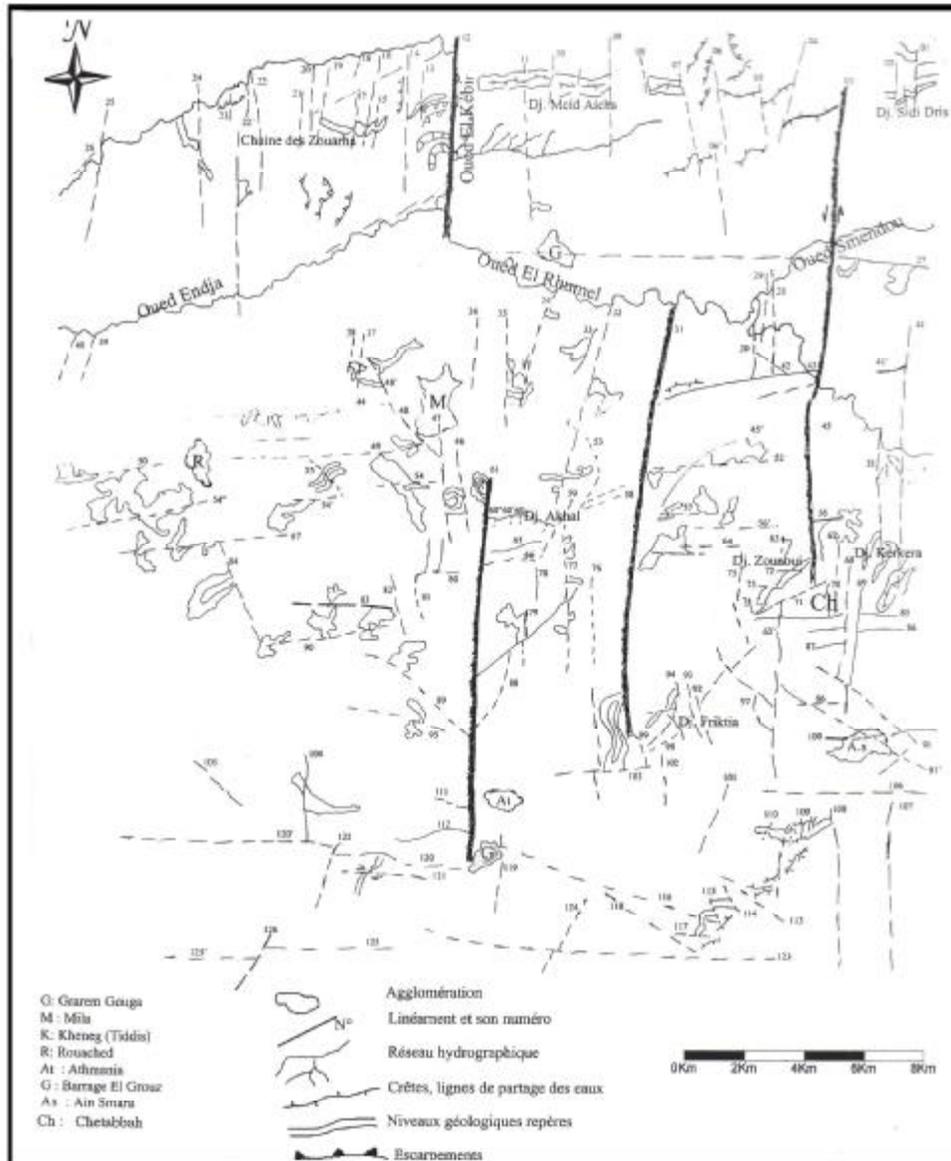


Fig. 19: Interprétation de l'image spatiale (Benabbas C. 2006)

N°	direction	Etendue	Caractérisations et Observations
03	N-S	32,6 km	Ce linéament va de Sidi Driss jusqu'à Dj. Zouaoui.
12	N-S	13 km	Une linéarité parfaite et anormale de Oued El Kébir qui suit ce linéament sur plus de 10 Km. Ce linéament apparaît comme une structure décalant Dj. Mcid Aïcha de la chaîne de Zouarha vers la gauche.
31	N-S	≈ 30 km	Ce linéament affecte Oued El Rhumel.
61	N-S	25 km	Structure limitant la terminaison occidentale de Dj. Akhal, ce poursuivant vers le Sud jusqu'au barrage d'El Grouz.

Tableau récapitulatif des grands linéaments. (Benabbas C. 2006)

*** La famille NW-SE**

les accidents appartenant à cette famille sont visibles au niveau des escarpements des massifs calcaires des Djebel Akhal – Aougoub – Zouaoui – Bergli et salah, où la cinématique est toujours dextre.

Le massif de Chettaba est traversé par un linéament très particulier qu'on peut le suivre d'El Malha à l'est de Djebel Akhal jusqu'à Djebel Oum Kechrid, au Sud de Ain Kercha (Benabbes, 2006).

B. Les phases de déformation de la plate forme néritique Constantinoise

Pour pouvoir reconstituer la succession des événements tectoniques, il est important de déterminer d'abord l'âge de la mise en place des nappes de charriages.

Il sera ensuite possible d'aborder la succession des phases postérieures à cette mise en place des nappes, puis de déterminer la succession des événements antérieurs (Coiffait, 1992).

Dans la région de Constantine, l'empilement, des unités telliennes, est dû à une phase tectonique unique. On peut affirmer que la mise en place des nappes s'est produite **après le début du Burdigalien**.

Coiffait (1992), a souligné, dans le lit du Chaba bou Irkour, 4 km au Nord-Est de Mila, le flysch à microbrèches massylien est recouvert par des formations post nappes dans les quelles le Burdigalien terminale a pu être daté. Dans le secteur de la Mechtat Bou Ksaiba ed Decha, se sont recouverts par ces mêmes séries post nappes.

La phase de mise en place des nappes, au Burdigalien moyen à supérieur, si elle a structurée profondément cette région, n'est cependant pas responsable, tant s'en fait de son orogénèse. Diverses phases tectoniques, sont responsables de la déformation et la structuration du bassin de Constantine :

1. La phase du Vallésien (Tortonien inférieur)

Aucun dépôt n'a pu être daté directement du Vallésien. Mais sous les argiles de Zighout Youcef, existent plusieurs niveaux détritiques (conglomérats de Ras Sioud, argiles de el Ouit Kranga, conglomérats du Kef Mguerguet) correspondent sans doute au Vallésien. Mais ces niveaux tout comme les conglomérats de l'Oued Mila (figure 20), dont ils constituent un équivalent latéral, sont discordants sur les terrains sous jacents datés du Vallésien (Tortonien inférieur) au Nord de Constantine, et du Burdigalien supérieur -Langhien dans le secteur de Mila même.

Les effets de cette phase sont divers. La discordance des séries de base du cycle Vallésien – Tortonien prouve qu'il y a eu plissement ou basculement des terrains. La discordance des conglomérats de l'Oued Mila (rapportés au Vallésien inférieur) aussi bien sur les argiles burdigaliennes que sur les terrains astaraciens prouve que c'est à cette phase du Vallésien inférieur qu'il faut attribuer le jeu de faille N 30° E limitant les argiles de Mila et Astaracien au Nord –Est d'Ain Tin.

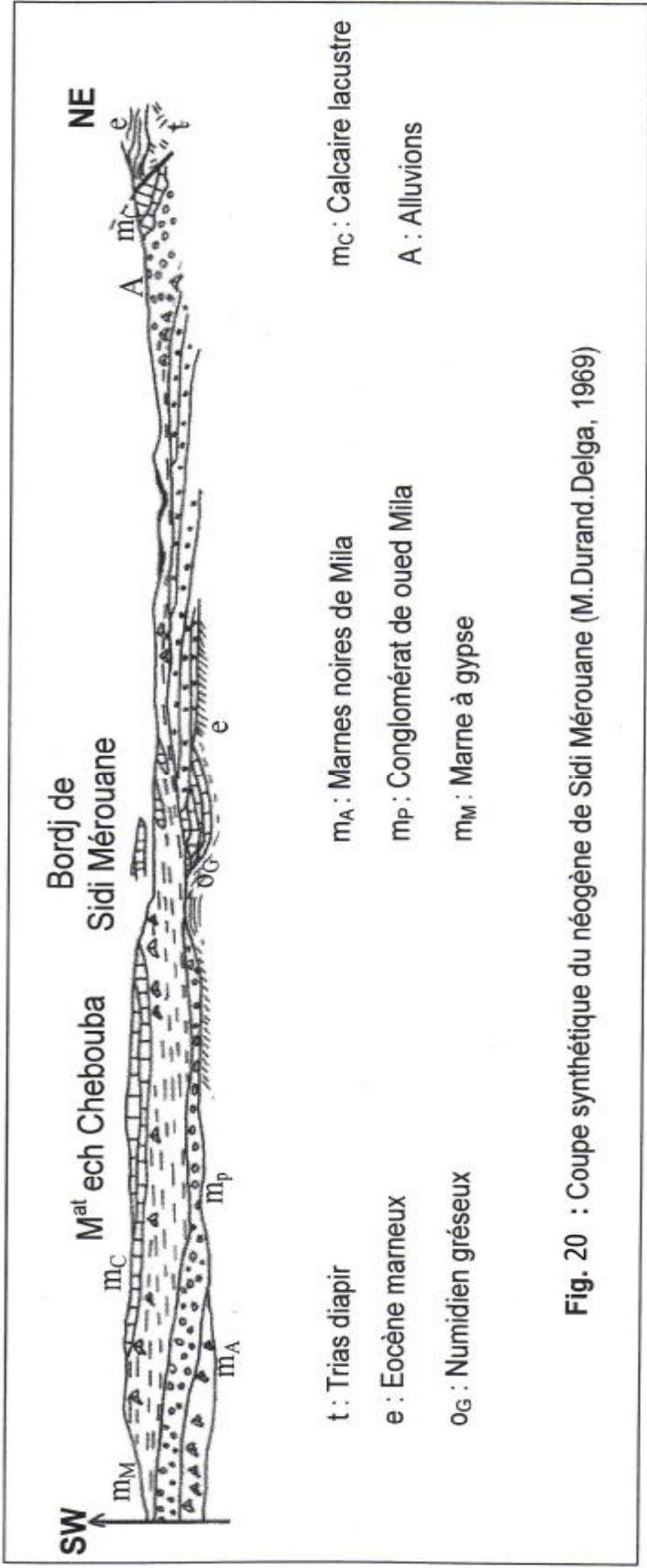


Fig. 20 : Coupe synthétique du néogène de Sidi Mérouane (M.Durand.Delga, 1969)

2. Les évènements tectoniques fini-Miocène

Toujours à l'Est immédiat de Zighout Youcef, la phase tectonique plio-quadernaire, est importante qu'elle soit, n'est pas la seule à avoir affecté cette région. Il existe une lacune de plusieurs millions d'années entre les argiles de Zighout Youcef (7.2 à 9M) et les terrains pliocènes de l'Oued Smendou (2.9 Ma). Cette lacune est d'ordre tectonique, compte tenu des conditions d'affleurement, on ne peut pas observer le contact entre les terrains pliocènes et miocènes.

3. La phase du Pliocène supérieur

Elle est bien représentée dans la région de Zighout Youcef, dans les argiles sub verticales du Pliocène supérieur (2.9 Ma) dans la mesure où il n'est pas possible de mettre en évidence plusieurs phases tectoniques postérieures aux gisements à micromammifères de la région de Zighout Youcef. Coiffait (1992) est amené à considérer, que c'est cette phase Pliocène supérieur qui a structurée toute la bordure septentrionale du bassin de Constantine. Lors de son étude de Sidi Merouane, M. Durand Delga (1955) signale, au Sud de la Mchtat bou Krelif, des galets mal cimentés qu'il attribue, sans preuve paléontologique au Pliocène. Coiffait (1992), suggère que ces conglomérats soient coincés sous le Trias, il estime qu'il s'agit d'un cordon d'alluvions plaquées à la limite du Miocène continental, et perchées à une quarantaine de mètres au-dessus de l'Oued Endja.

Chapitre III: Les argiles : présentation et technique d'étude

CHAPITRE 3

LES ARGILES : PRESENTATION ET TECHNIQUE D'ETUDE

A. Généralité et terminologie

1. Terminologie

« Argile » vient du latin argilla , emprunt probable au grec argillos , de même racine que argentum (arguus : éclat, blancheur). Argillos est probablement apparenté à argos « d'une blancheur éclatante » et au latin argentum (argent). De arguus vient le verbe arguere, archaïquement « faire briller, éclairer », puis au figuré « démontrer » et « convaincre ».

2. Définition des roches argileuses

Les roches argileuses composées principalement de silicates en feuillets (phyllosilicates) d'Al, plus ou moins hydratés.

Ce sont les plus abondants des roches sédimentaires : 50% des sédiments (69% des sédiments continentaux). Constituant principaux des sols : elles sont formées de particules fines, de l'ordre de μm . Parmi les techniques d'études, on peut citer les méthodes : des RX , MEB, ATD décrite dans ce chapitre.

3. Propriétés

- Absorption d'eau
- * Plasticité : déformation souple sous l'effet des contraintes, rôle de couches savon pour les glissements des matériaux à toute échelle (glissement de terrains, glissement de couches de grandes ampleurs).
- Compaction importante : expulsion d'une grande quantité d'eau. Ces pores diminuent, la roche devient imperméable.
- Pouvoir d'adsorbant.
- * Dispersion dans l'eau et floculation : les particules fines restent en suspension dans l'eau agitée, elles décantent dans l'eau immobile avec une vitesse de chute très faible (Loi de stockes). En eau salée, elles s'agglomèrent (floculation) et précipitent plus rapidement.

$$\text{Loi de stockes : } V = C d^2 .$$

V : vitesse de chute

d : diamètre de la particule

C : constante de stockes, dépendant de la différence de densité entre particule et liquide, de la viscosité du liquide et de l'accélération de la pesanteur.

4. Structure des argiles

La plupart des minéraux argileux sont en formes de feuillets (figure 21), d'où leur nom phyllites ou phyllosilicates. D'autres minéraux argileux , les pseudo-phyllites, sont dits fibreux, car ils sont composés de rubans alternants en brique creuse. Un minéral de structure phylliteuse se présente sous forme d'une poudre fine, dont les particules sont très petites, de 0.01 à un micron. La structure des feuillets est déterminée par l'arrangement des oxygènes et des hydrogènes, de taille très supérieure à celle des cations, ces derniers pouvant se situer dans deux types de cavités, tétraédriques et octaédriques. Ainsi, le feuillet est-il formé par la répartition

horizontale d'unités élémentaires en couches planes : couches de tétraèdres à cœur de silicium et couches d'octaèdres à cœur d'aluminium. Atomes de silicium partageant leurs quatre charges positives avec quatre atomes d'oxygène (très fortes liaisons de la couche de silice avec ses deux couches externes d'alumine dans les smectites), et atomes d'aluminium liés à six oxygènes et groupements OH, ou oxydriles (liaisons assez fortes des OH de la couche d'aluminium d'un feuillet de kaolinite avec la couche de silice du feuillet suivant).

B- Composition minéralogique et classification

On réunira dans la famille des argiles tous les silicates hydratés à structure de phyllite qui, par chauffage, perdent l'eau et l'eau de constitution qu'ils possèdent pour, en définitive, se transforme, à haute température, en matériaux réfractaires.

Les principaux composants minéralogiques des roches argileuses sont :

- Minéraux argileux (phyllosilicates) dominants
- Quartz : microquartz d'origine éolienne ; jusqu'à 30% de la roche
- Calcédoine, opale : forme mal cristallisée et hydratées de la silice.
- Oxydes de fer, (pyrite) en milieu réducteur
- Sulfure (oxyde d'aluminium sous climat chaud et humide)
- Carbonates (calcite, dolomite)
- Matière organique :
Eléments figurés : pollens, spores, débris ligneux.
Matière amorphe (décomposition par bactéries).

La quantité de matière organique intervenant est associée au degré d'oxydation du fer, donc la couleur :

Matière organique (MO) abondante, milieu réducteur, fer réduit (ferreux), couleur noir, gris, vert.

Matière organique absente (MO absente) : fer oxydé rouge.

Les argiles très riches en matière organique évoluée en profondeur (kérogène) forment les roches mères des hydrocarbures.

C. Classification des minéraux argileux : (figure 22)

Ce sont des phyllosilicates d'aluminium dont les feuillets sont constitués de couches d'octaèdre $Al(OH)_6$ et de couches de tétraèdres SiO_4 reliées par des atomes O et H mis en commun. La distance inter-réticulaire e sépare deux feuillets successifs. Les substitutions d'atomes sont fréquentes dans les feuillets. 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 composé par adsorption de cations dans l'espace interfoliaire (capacité d'échange des argiles).

D'après la structure du feuillet, on distingue principalement les argiles 1/1 (1 couche tétraédrique+ 1 couche octaédrique) et les argiles 2/1(2 couches tétraédriques pour 1 couche octaédrique)).

Parmi les multiples variétés d'argiles, il en est trois qui sont communes pour constituer de véritables roches et qui, par suite, intéressent plus particulièrement le géologue.

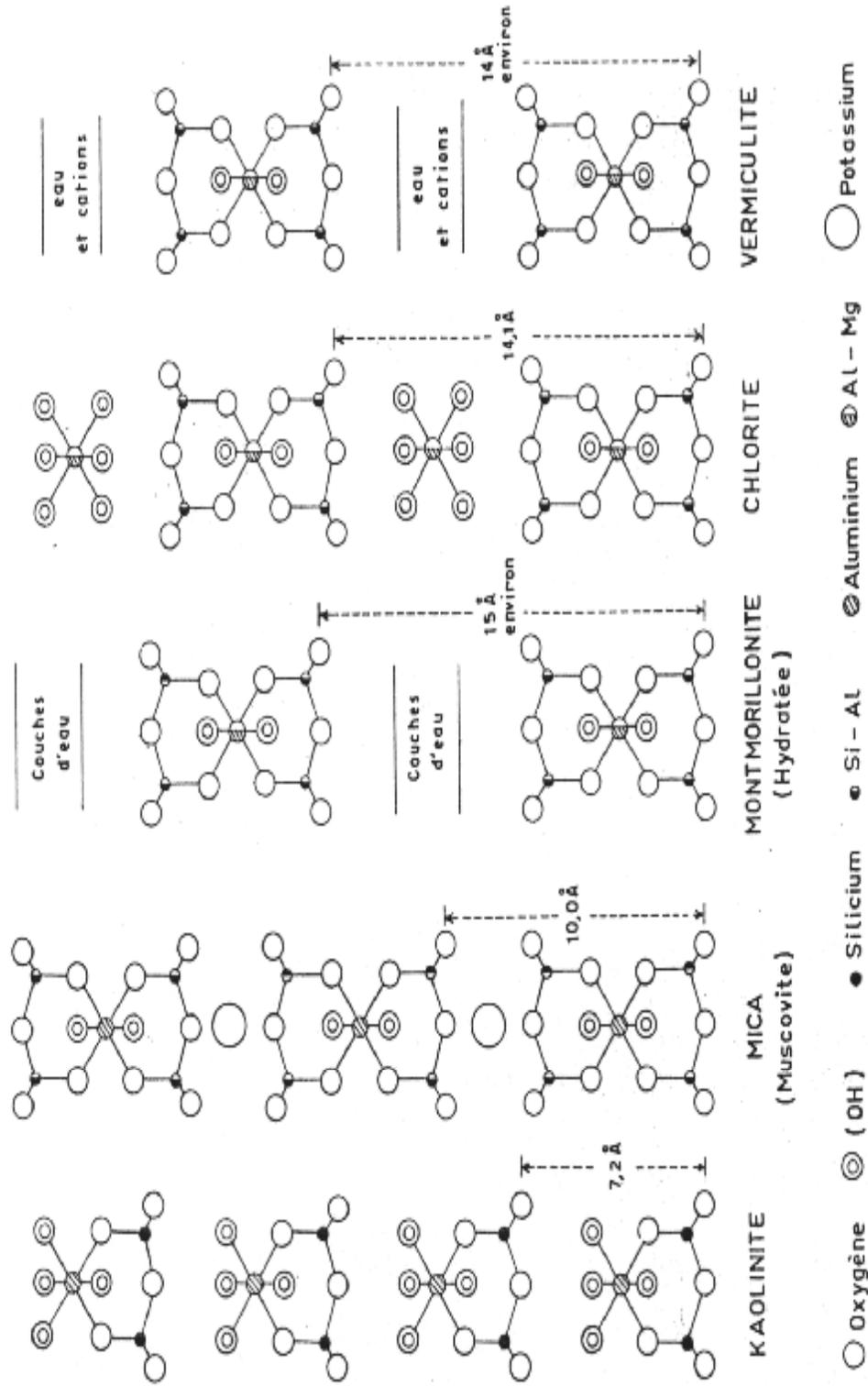


Fig.21 — Représentation schématique de la structure des principaux minéraux phylliteux. (D'après Brindley, 1951.)

1- LE GROUPE DE LA KAOLINITE (figure 22)

1° La kaolinite

Le mot kaolin vient d'une colline chinoise où ce produit fut extrait au long des siècles. Comme tous les minéraux argileux, la kaolinite est un phyllosilicate. Le minéral est composé d'un empilement de feuillets, chaque feuillet est composée de l'association de deux couches différentes, nommée couche tétraédrique et couche octaédrique.

En associant une couche tétraédrique siliceuse à une couche octaédrique alumineuse, nous obtenons le feuillet de la kaolinite.

La forme structurale de la kaolinite est la suivante : $(\text{OH})_8 \text{Al}_4 \text{Si}_4\text{O}_{10}$

L'empilement régulier de ces feuillets définit la kaolinite et la périodicité de cet empilement est de 7Å environ (figure 22).

2° Dickite et nacrite

Ces deux minéraux ont une composition chimique identique à celle de la kaolinite. Ils n'en diffèrent que par la structure de leur réseau. Alors que la kaolinite est reconnue comme triclinique, la dickite est monoclinique et la nacrite est monoclinique presque orthorhombique.

Ces minéraux sont rares et généralement liés aux gîtes hydrothermaux.

3° Halloysite ($\text{Si}_2 \text{Al}_5 \text{O}_5 (\text{OH})_4 2\text{H}_2\text{O}$)

L'halloysite est formée de feuillets de kaolinite séparés par des couches d'eau. La distance de grand espacement réticulaire devient 10Å , mais par chauffage, l'eau peut être chassée, et on retrouvera celle de la kaolinite 7.2Å . Cette halloysite déshydratée s'appelle la métahalloysite. Au microscope, l'halloysite présente souvent l'aspect de tubes qui sont dus à l'enroulement des feuillets. L'halloysite est liée aux gisements hydrothermaux et parfois sédimentaires.

4° Les serpentines et les homéotypes de la kaolinite

Le minéral des serpentines est un hydrosilicate de magnésie, dont la structure est voisine de celle de la kaolinite. Sa formule chimique se déduit de celle de la kaolinite, par remplacement de 2 Al par 3 Mg dans la couche octaédrique. C'est l'homéotype trioctaédrique magnésien de la kaolinite.

2- LE GROUPE DES MICAS (figure 23)

1° Les micas

La structure des micas a été établie par Mauguim (1928) et Pauling (1930). On peut rendre compte de cette structure de la manière suivante :

*La couche octaédrique est comprise entre deux couches tétraédriques ;

*Une couche octaédrique est garnie par des ions hexacoordonnés de nature variable qui détermine la variété des micas ;

*Les tétraèdres de la couche tétraédrique ne sont occupés que trois fois sur quatre par Si, mais une fois sur quatre par Al. Ceci crée un déficit de charge pour cette couche ;

*Ce déficit est comblé par de gros ions, généralement des ions potassium, qui sont situés entre les feuillets et assurent la liaison de ceux-ci. Ces feuillets sont tenus entre eux par les ions K et ne peuvent glisser les uns sur les autres. Mais cette liaison est assez fragile pour permettre le clivage facile des micas.

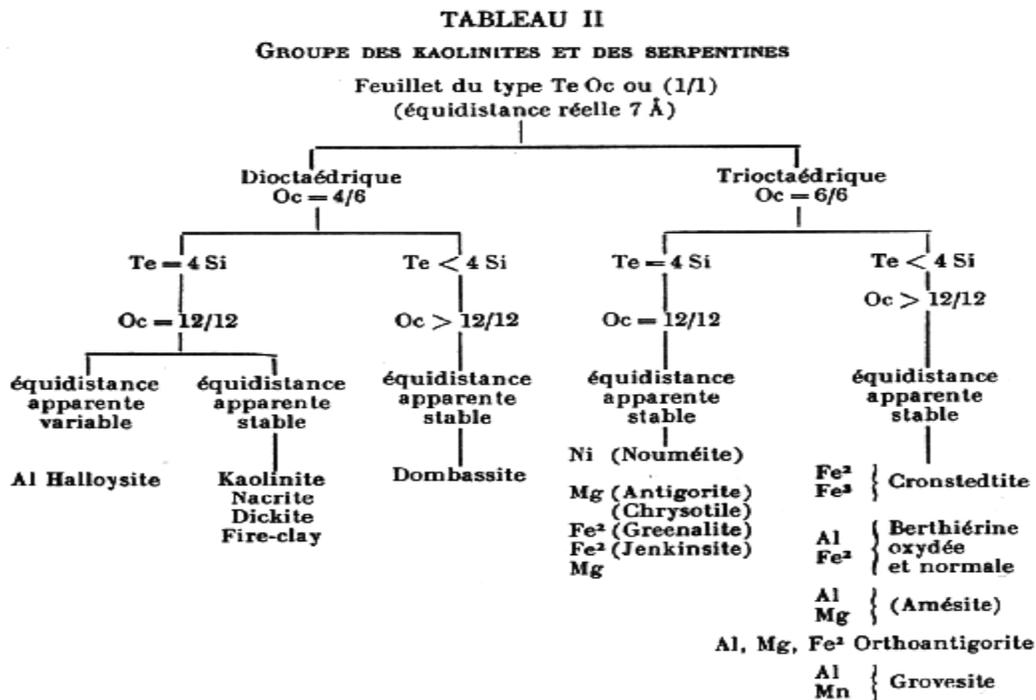
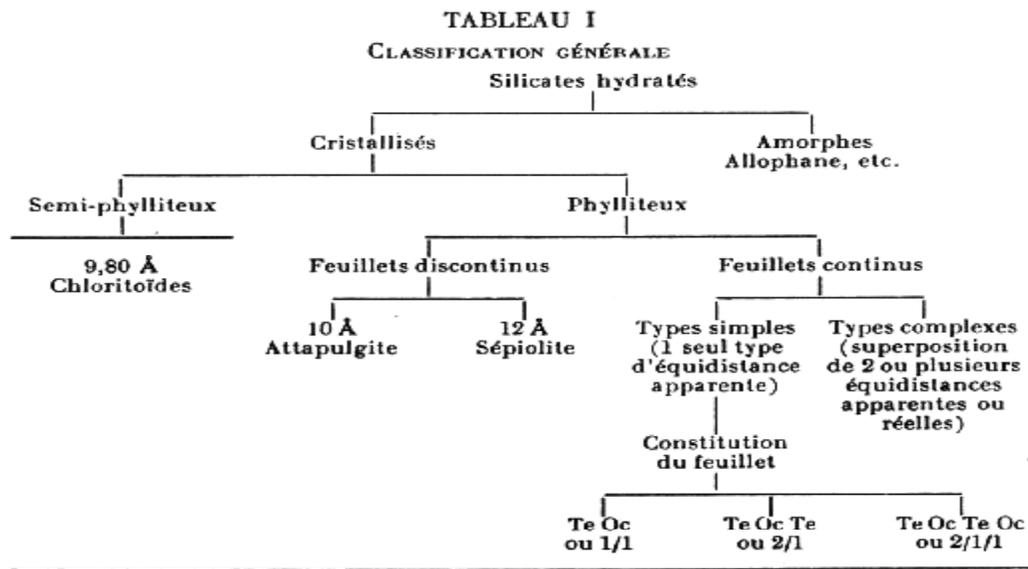


Fig 22 : Classification générale des minéraux argileux
(d'après Millot .G , 1964)

2° Pyrophyllite et talc

La pyrophyllite et le talc sont constitués également de feuillets à 10\AA environ. Il n'y a pas de remplacement du silicium tétraédrique par l'aluminium, et donc pas d'alcalis entre les couches. Ceci explique l'aisance avec laquelle les feuillets de talc glissent les uns sur les autres. Les formules structurales schématiques sont les suivantes :



3° Les illites

Dans l'ensemble, les illites sont aujourd'hui à considérer comme des micas de très petite taille, où les ions potassium sont en déficit et remplacés par l'eau, révélée par les analyses chimiques.

Les illites sont les plus répandus des minéraux argileux dans la nature. Ces micas fins n'ont plus, ou n'ont pas encore, leurs couches interfoliaires saturées par les ions potassium.

4° La glauconite

La structure minérale a été établie par Gruner (1935) qui montra qu'elle était voisine de celle des micas beaucoup d'auteurs ont montré sa parenté avec la séricite. Le mot glauconie, utilisé en français, représente donc tantôt un minéral argileux défini, qui est l'homéotype ferrique de l'illite, tantôt des produits de nature minéralogique mêlés ou variée, qui ont en commun d'être verts.

3- LE GROUPE DE LA MONTMORILLONITE (figure 23)

La formule chimique est : $\text{Si}_4 \text{Al}_2 \text{O}_{19} (\text{OH})_2$

Les montmorillonites sont des minéraux voisins des micas, mais les liaisons entre les feuillets sont affaiblies, si bien que de l'eau se glisse entre ces feuillets en quantité variable, ce qui donne à la périodicité de l'empilement une valeur également variable, souvent voisine de 14\AA .

Les montmorillonites prennent naissance, par dégradation des silicates dans les sols (sols tempérés, sols tropicaux mal drainés), par néoformation dans les bassins salins (avec attapulgite et sépiolite), par néoformation encore dans les filons hydrothermaux (saponite).

4- LE GROUPE DES CHLORITES

Formule schématique : $\text{Si}_{4-x} \text{Al}_x \text{O}_{10} (\text{OH})_2 \text{Fe}_x \text{Mg}_{3-x} (\text{OH})_6$

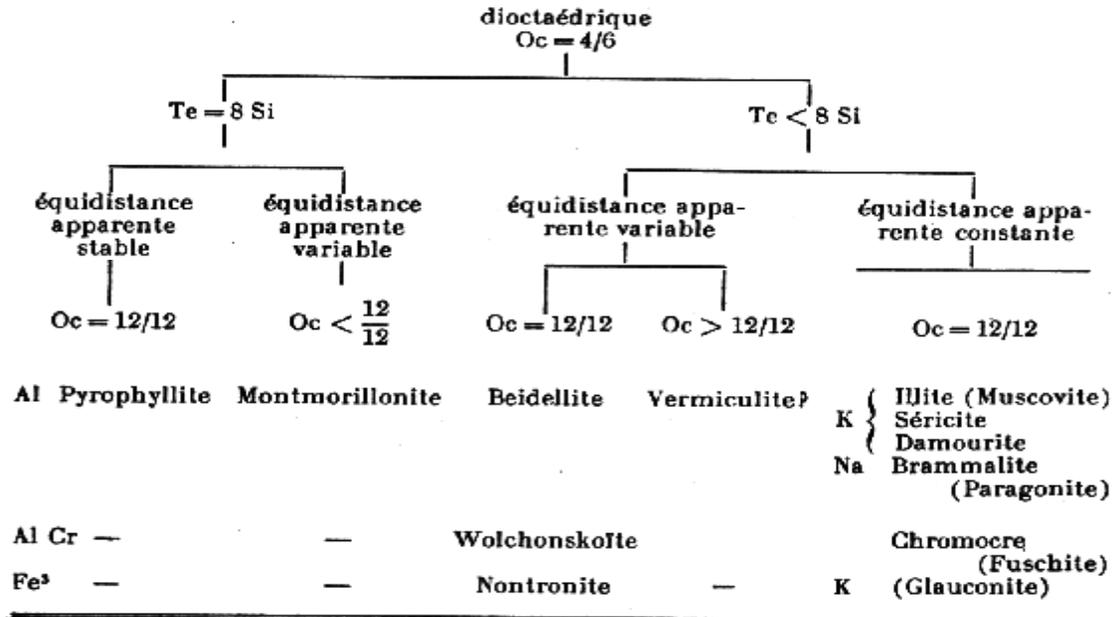
Les chlorites sont connues depuis très longtemps dans les schistes cristallins, les roches hydrothermales et les altérations de nombreux silicates. Il existe une grande variété, en raison des multiples substitutions homéotypiques possibles dans la structure.

- **Les chlorites vraies (figure 23)**

La distance de grand espacement réticulaire est de 14\AA environ.

MICAS ET MONTMORILLONITES DIOCTAÉDRIQUES

Feuillet du type TeOcTe(2/1)
(équidistance réelle 10 Å)



MICAS ET MONTMORILLONITES TRIOCTAÉDRIQUES

Feuillet du type Te Oc Te (2/1)
(équidistance réelle 10 Å)

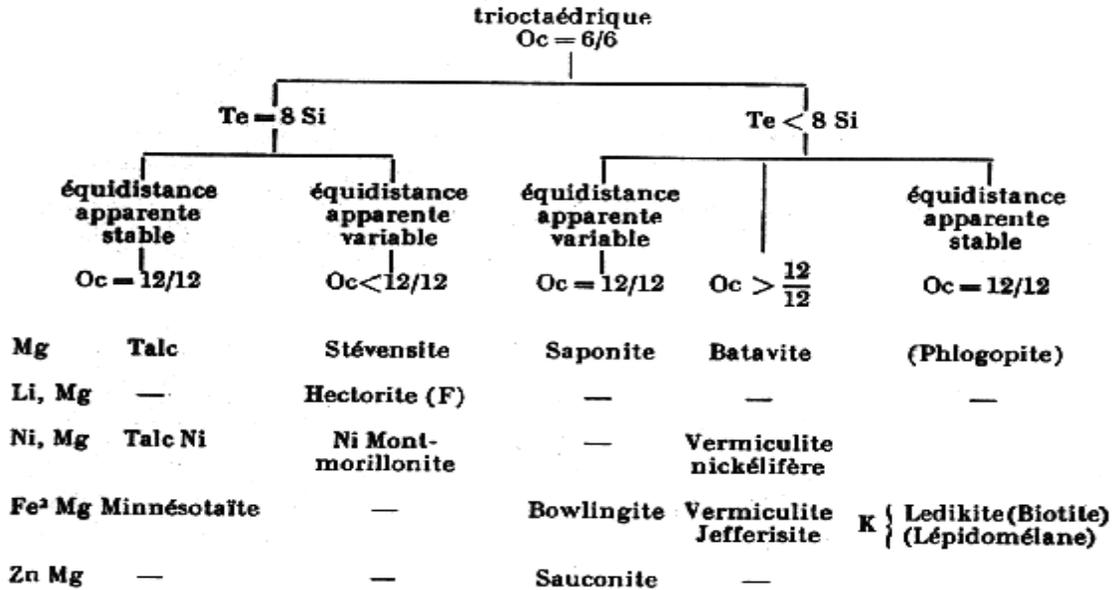


Fig 23 : Tableau illustrant la classification des minéraux argileux : Micas
- Montmorillonites (d'après Millot .G , 1964)

Se sont des phyllites à 7\AA , elles font partie du groupe de la kaolinite, mais sont proche de la serpentine. Les français les appellent des berthiérines et les anglo-saxons des chamosites.

- **Les chlorites gonflantes**

Un minéral ayant la propriété de gonfler comme une montmorillonite par action de polyalcools.

- **Les chlorites dioctaédriques**

L'empilement des feuillets est réalisé non pas avec un feuillet micacé de type phlogopite mais avec un feuillet de type muscovite.

5- LE GROUPE DES VERMICULITES (figure 23)

- **Le minéral vermiculite**

La vermiculite est un minéral à aspect de mica, qui prend l'allure de vermiculite quand on le chauffe. Les vermiculites présentent un espacement basal de 14\AA , mais cette espacement n'est pas fixe.

6- LE GROUPE DES ATTAPULGITES, SEPIOLITES (fig13)

- **Les attapulgites**

Il s'agit de silicates alumino-magnésiens. Une caractéristique est leur aspect fibreux.

Les principaux écarts réticulaires de l'attapulgite sont les suivants :

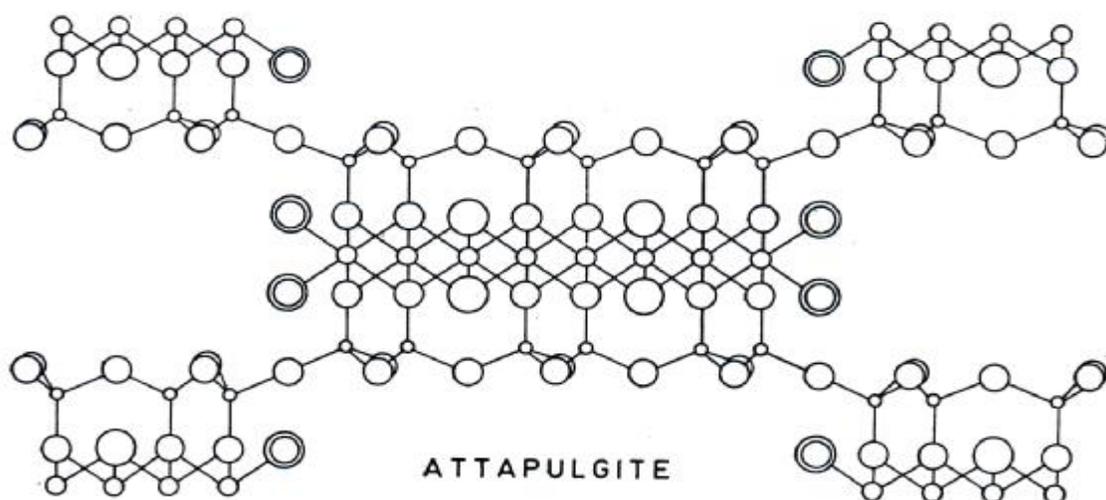
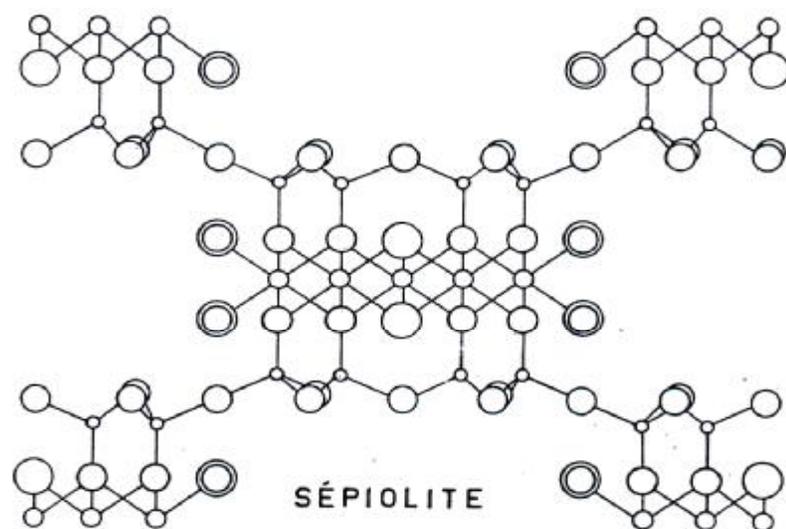
10.5 ; 6.44 ; 5.42 ; 4.48 ; 3.24 ; 2.15.

- **Les sépiolites**

Il s'agit d'un silicate magnésien où l'aluminium prend une part le plus souvent discrète.

Les principaux écarts réticulaires de la sépiolite sont les suivants :

12.10 ; 7.6 ; 5.05 ; 4.30 ; 3.75 ; 3.33 .



○ Silicium ○ Mg ou Al ○ Oxygène ○ Oxhydrile ⊙ OH₂

FIG. 24 — Structure schématique de la sépiolite (d'après BRAUNER und PREISINGER, 1956) et de l'attapulgite. (D'après BRADLEY, 1940.)

D- METHODES D'ETUDE DES ARGILES

Les méthodes d'étude des roches argileuses sont spéciales, car les procédés pétrographiques classiques se révèlent généralement insuffisants (étude microscopique et analyse chimique). Les propriétés optiques des minéraux argileux sont en effet assez voisines ; les déterminations sont rendues délicates et souvent même impossibles. Quant à l'analyse chimique, très laborieuse, elle ne peut être interprétée que d'une manière conventionnelle et forcément arbitraire.

Deux méthodes physiques se sont imposées pour l'étude des argiles : l'étude aux rayons X et l'analyse thermique différentielle.

A ces méthodes physiques, il faut ajouter l'examen des propriétés optiques et des procédées de colorations.

1. Méthodes physiques

On sépare la fraction $<2\mu\text{m}$ des particules plus grosses par décantation (loi de Stokes). On caractérise les minéraux argileux par diffractométrie aux rayons X.

Tout corps cristallisé peut être analysé par diffraction de RX, car ses atomes sont arrangés selon des plans cristallins spécifiques.

Sur un diffractogramme, les pics correspondent aux différents rayons diffractés en fonction de l'incidence du faisceau de RX. L'identification du minéral est donnée par la position d'un certain nombre de pics caractéristiques qui permettent de calculer la distance entre les plans de diffraction.

Pour des minéraux ayant des distances interfoliaires proches, on fait subir des traitements aux échantillons afin de les différencier.

2. Méthodes thermiques

Cette méthode fournit des résultats plus complets, mais peut être difficiles à interpréter. Elle est différentielle, en sens que la grandeur mesurée est une différence de température entre deux corps soumis à un chauffage régulier.

Un minéral argileux porté progressivement à une température élevée de l'ordre de 100°C , subit des transformations successives : déshydratation, désorganisation et réorganisation structurales.

Ces modifications se manifestent par des changements des caractéristiques physiques du minéral. Ces modifications sont variables selon la nature de celui ci et qui peuvent être traduites expérimentalement sur des graphes appropriés.

Deux méthodes sont utilisées :

- Analyse thermopondérale (A.T.P)
- Analyse thermique différentielle (A.T.D)

3. Méthodes chimiques

Elles ont pour objet la détermination qualitative et quantitative des éléments chimiques. Elles sont délicates, cependant une bonne reproductibilité étant difficile à atteindre ; les méthodes chimiques classiques consistent à une destruction totale de l'échantillon par fusion alcaline avec du carbonate de sodium, suivie d'une reprise acide par HCl.

Les constituants élémentaires sont dosés dans la liqueur obtenue. Les déterminations élémentaires peuvent également être obtenues sans destruction de l'échantillon et ce ci en faisant appel à des méthodes physiques généralement moins précises (exemple : absorption atomique fluorescence X...)

4. Méthodes physico-chimiques – capacité d'échange :

La particule argileuse est électronégative, aussi est-elle susceptible de retenir une certaine quantité d'ions positifs : cations, ions hydrogènes. Ces ions peuvent s'échanger avec des ions positifs contenus dans une phase liquide aqueuse mise en contact avec l'argile (solution acide, solution saline), c'est le phénomène d'échange.

Au plan quantitatif le phénomène a pour limite la masse d'ions positifs susceptibles d'être échangés est retenues sur la particule argileuse exprimée pour 100 grammes d'argile, cette masse d'ions positifs est la capacité d'échange dont on conçoit qu'elle varie avec la charge électronégative du minéral considéré :

Exemple :

Une montmorillonite présente une capacité d'échange de l'ordre de 100 mille équivalents pour 100 grammes d'argile.

5. Essai de coloration des argiles

Certains colorants sont spécifiques des minéraux argileux. Ces méthodes de coloration sont cependant très délicates, car de nombreux facteurs peuvent empêcher la coloration de se produire ou la modifier. De plus, les colorations naturelles de la roche ou les mélanges conduisent à des couleurs complexes difficiles à interpréter.

Chapitre IV: Cadre géologique de certains gîtes de matériaux de construction

IV. CADRE GEOLOGIQUE DE CERTAINS GITES DE SUBSTANCES UTILES

Introduction

Le bassin de Mila se situe dans le domaine tellien (figure 25), il est caractérisé par la diversité des faciès géologiques et la complexité structurale.

Géomorphologiquement la région correspond à un vaste édifice montagneux cernant la région.

Le bassin de Mila comporte un certain nombre de concentration des substances utiles non métalliques. Ces concentrations correspondent à des accumulations de matériaux détritiques (tufs, sables et argiles) et évaporitiques (sel gemme et gypse) L'importance de ces substances utiles non métalliques a donné lieu à une exploitation très importante dans le domaine industriel : les argiles sont exploitées pour la brique et la céramique, le gypse pour le plâtre, les sables pour les travaux publics et le bâtiment et le sel gemme pour l'utilisation domestique et industrielle.

I. Géologie du bassin de Mila

A. Cadre lithostratigraphie et structurale

1. Lithostratigraphie (figure 26)

Le secteur d'étude, est appelé le bassin Néogène de Mila situé dans l'est algérien est limité au nord par l'arrête montagneux de M'cid Aicha et du Sidi Driss, au sud par le Djebel Okissmane et Djebel Grouz, à l'est par les massifs du Djebel Akhal, de Chettaba et Kheneg et à l'ouest le Djebel Boucheref et Oukissène.

Lithostratigraphiquement le bassin de Mila dans la région de Mila précisément comporte les terrains suivants : (Rapport inédit (1989), ORGM)

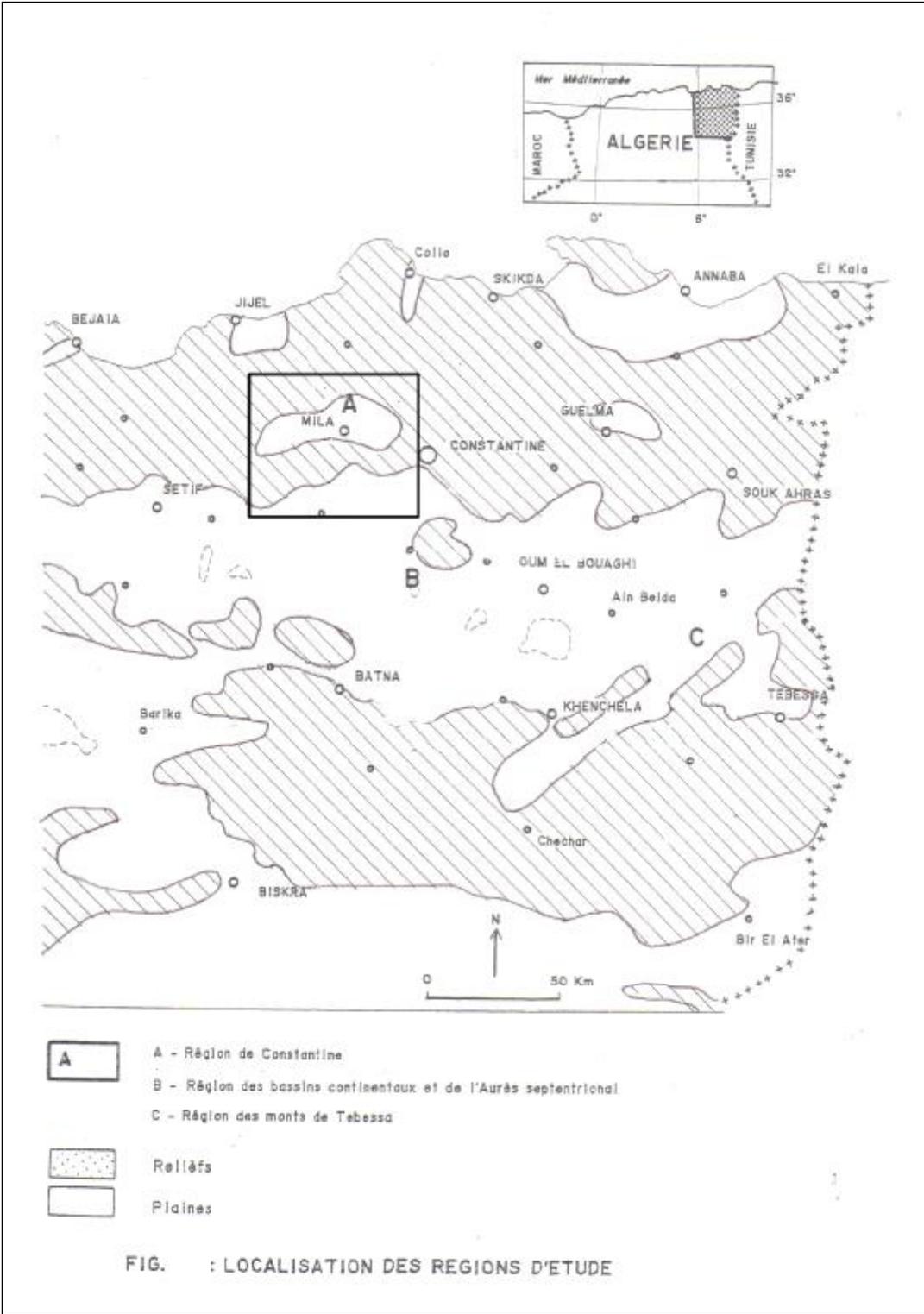
1.1. La nappe pénitellienne des fenêtres du Boucheref, Oukissène et d'Ahmed Rachdi

Les terrains appartenant à cette nappe sont les suivants :

- Albien supérieur à Vraconien, représenté par « un énorme ensemble de 250m d'épaisseur de calcaires cristallins gris-clair à noir.
- Cénomaniens : 300 m d'épaisseur, représenté par une alternance de calcaires marneux et marnes gris clair à rotalipores et lumachelles à Caprine.
- Turonien : représenté par des calcaires à silex à la base des lumachelles et biomicrites à Rosalines au sommet.
- Sénonien inférieur : représenté par des polychrones à rosalines.

1.2. Nappe telliennes : Elles représentent les terrains suivants :

- Campanien supérieur Maastrichtien : représentés par une barre marno-calcaire à Inocérames.
- Maastrichtien à Paléocène : représentés par des marnes noires indifférenciées parfois à boules jaunes.
- Yprésien – Lutétien inférieur, ce sont des calcaires massifs à bitumineux blancs à cassure noire et silex noirs.
- Lutétien supérieur à Priabonien : représenté par des marnes grises ou noirs à boules jaunes.



1.3. Mio-Pliocène

Les terrains du Miocène représentés par des formations argileuses à gypse et des argiles carbonatées grises à gris-brun avec des intercalations de bancs silstones et grés argileux meubles. Les argiles de cette assise occupent une surface considérable dans la région de Mila. Elles affleurent dans de nombreux ravins et sur les pentes escarpées.

- Poudingues du Koudiat Alg : on y rencontre un conglomérat, des grés à grains variés, des micropoudingues, des sables et limons. Ces faciès sont répandus dans le nord-est de la région de Mila. L'épaisseur de cette formation est de 150 m environ.

- Les marnes à *Ostrea crassissima* : elles se rapportent à l'Helvétien. Ce sont des marnes argileuses grises à faunes (*Ostrea*). L'épaisseur de l'assise est de 100 à 120m.

1.4. Les terrains du Pliocène : représentés par les calcaires lacustres d'el Noudj- baba, gris rosâtres, parfois blancs à faunes d'eau douce. Leur puissance peut dépasser les 100 m. Ils forment de hauts plateaux entre les massifs de Chettaba et Djebel Akhal dans le sud de la wilaya de Mila.

A ces massifs calcaires s'ajoutent des éboulis de calcaires pliocènes dans des formations d'argiles brunâtres.

Les terrains pliocènes reposent sur la surface érodée d'argiles du Miocène. Ils sont largement développés dans les parties ouest et sud de la région de Mila.

1.5. Le quaternaire

Représenté par des argiles et limons, d'alluvions avec de nombreuses grosses inclusions carbonatées, leur épaisseur atteint localement 4 à 6 m aux pieds de pentes.

2. Cadre structurale

La région de Mila montre une complexité tectonique due à la conjugaison de plis et faille d'âge et style multiples. Les accidents sont dominés par des directions N-S, E-W, NE-SW et NW-SE qui ont donné une structure en horsts et demi horsts. Cette morphologie a donné lieu à un remplissage détritique néogène ; après le remplissage, les accidents néogènes ont joué pour aboutir à la configuration morpho structurale actuelle du bassin de Mila. Deux types de structure caractérisent la bordure septentrionale du bassin de Constantine – Mila : Des structure chevauchantes,

repris par des accidents verticaux, correspondant à des failles inverses et des décrochements. Une importante faille limite les argiles marines de Mila des argiles gypseuses et conglomérat astaraciens plus à l'Est.

A propos des plissements : L'anticlinal de la Mchtat Guettara où les calcaires astaraciens (Serravalien supérieur) de la coudiat bou el Kendoul reposent directement sur les argiles et conglomérats du synclinal au cœur duquel coule l'oued Rhumel. Le chevauchement correspond à un pli couché, d'une flèche d'un à deux km.

Figure 26: Colonne lithostratigraphique des dépôts du bassin de Mila (D'après, P.E. Coiffait, 1992)

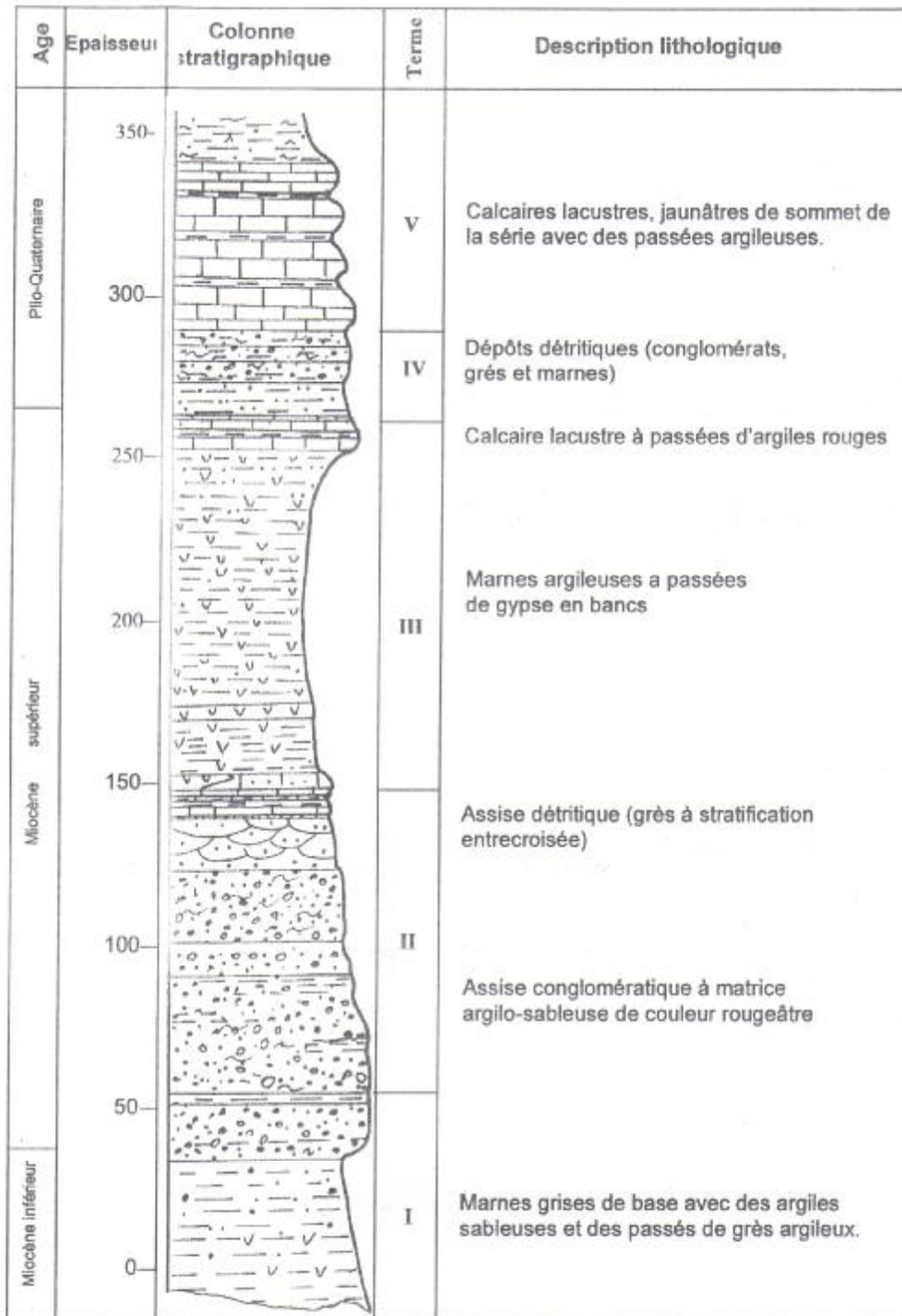


Fig. : Colonne stratigraphique des dépôts néogènes du bassin de Mila (D'après, P.E.Coiffait, 1992)

Le style dominant de la structure du bassin néogène de Mila, ce lui représenté par des nappes, on y trouve des unités autochtones et des unités allochtones.

Les terrains autochtones sont représentés par: l'autochtone relatif de la fenêtre de Koudiat Touachra et les séries autochtones renferment les formations du Mio-Pliocène continental.

Les terrains allochtones sont caractérisés par : la nappe numidienne et les nappes pénitelliennes, aux plissements multidirectionnels assez importants et par le jeu de failles complexes.

B. Caractéristiques des substances utiles dans le bassin de Mila (figure 27)

Comme on l'a déjà mentionné auparavant dans ce bassin se concentrent des substances utiles non métalliques qui ont un intérêt économique et correspondent à des accumulations de matériaux détritiques (Tufs, sables et argile) et évaporitiques (sel gemme et gypse). Ces matériaux sont classés et destinés à l'industrie selon leur qualité et caractéristique.

1. Matériaux de construction

1.1. Matière à ciment

Les roches destinées à la production du ciment portlandien sont : les calcaires marneux, les marnes, les argiles auxquels on y ajoute du gypse.

Les meilleurs calcaires pour la production de ciment sont les calcaires marneux, poreux ayant une faible limite de résistance à la compression (100 à 200 kg/cm²) et dépourvues d'inclusions de silex. Dans la région de Mila, les calcaires aptes à la production de ciment sont ceux du Cénomaniens, décrites comme étant cristallins, gris, compacts et durs.

Ils sont rencontrés dans le gisement de Djebel Grouz ; Rochet Constantine, Djebel Chattabah ; Djebel Kheneg.

Selon le B.R GM (1983), la composition du mélange cru pour le fabrication du clinker correspond à une teneur en CaO de 42-43%, soit 76 % de Ca CO₃. La composition chimique des ciments Portland artificiels est la suivante (B. R. G. M. 1983).

	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O+Na O ₂
	%	%	%	%	%	%	%
Max	25	9	5-6	67	3-5	3-4	1,3
Min	19	2	1	60-62	0	1	0,2

**Tableau n°1 :Composition chimique des ciments Portland artificiels
(B.R.G. M.1983)**

Figure 27 (14 carte des substance)

1.2. Matière à brique et tuiles

Les matières argileuses aptes à la production des briques, tuiles et carreaux céramiques doivent répondre aux exigences suivantes :

- 1 – être facilement fusibles (température de cuisson 1350°C).
- 2 – avoir une bonne plasticité ;
- 3 – avoir un bon pouvoir liant et se laisser façonner sans se fissurer ni se déformer après séchage et cuisson.
- 4 – être exemptes d'inclusions grossières de gypse, de carbonates et autres impuretés,
- 5 – avoir la composition chimique et les propriétés céramiques.

Exigences chimiques :

Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Si O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na O ₂	P.F
%	%	%	%	%	%	%	%
35-80	7-23	2,5-9	0,02-4	<20	0,5-3	1-4	<14

Tableau n°2 : exigence de la composition chimique pour la fabrication de Brique et Tuile

L'eau de constitution dans les argiles varie de 0.5 à 11%.

Le taux de carbonates finement dispersés peut atteindre 25%.

Il a été recensé sept (07) gisements et indices d'argiles dans la région de Mila. Ils sont rencontrés dans les argiles du Miocène :

Gisement de Kerrouba – Rivière de Smendou – gisement Ahmed Rachedi – indice de Medjerda – gisement de Boumalek – Vallée du Rhumel et gisement Taha.

La matière première mise en évidence dans cette région répond aux exigences relatives à la fabrication des briques et tuiles. Parmi les indices mis en évidence , un seul , offre une matière première argileuse pouvant être utilisée dans la fabrication de produits céramiques. Ce sont les argiles de la vallée du Rhumel qui constituent les indices valables pour la production de la céramique du fait qu'elles sont kaolinisées. On pourrait ajouté à cela l'indice de Medjerda après un traitement adéquat.

1.3. Matière à liant

On appelle liants de poudres obtenus lors du broyage fin des matières minérales (calcaire, gypse), qui lorsqu'elles sont mélangées à l'eau, forment une pâte plastique maniable se solidifiant sous l'influence de processus physico-chimique.

En fonction de leur application, les liants se subdivisent en :

- Liants aériens : ils se solidifient à l'air (chaux aérien, gypse)
- Liants hydrauliques : ils peuvent conserver leur état solide sous l'eau (chaux hydraulique).

* Chaux

La chaux de haute qualité est obtenue à partir des calcaires dont la teneur en CaCO₃ est supérieur à 95% , MgCO₃< 2.5% et les additions argileuses inférieures ou égales à 2.0% .

Les terrains prospectifs pour la production de chaux se rapportent aux calcaires du Crétacé et du Jurassique supérieur, tel que le gisement de Djebel Felten , Djebel Boucheref, Djebel Chettaba.

* **Gypse et Anhydrite**

Le gypse est essentiellement utilisé dans la production de matières astreignantes à gypse auxquelles se rapporte le plâtre de construction ou d'enduit ou le plâtre médical.

Les indices et gisements de gypse connus dans la région de Mila sont liés aux terrains du Trias supérieur. Les plus importants de ces indices ne dépassent pas 40km² de surface. Ils sont d'habitude associés aux zones de grands accidents tectoniques.

Lithologiquement, les terrains du Trias sont formés par des argiles bariolées, de marnes, de dolomies alvéolaires et de calcaires.

Le gypse est rencontré en association avec des roches argilo-marneuses. Il se présente en lentilles, en blocs isolés, en corps à formes irrégulières et de dimensions négligeables.

Les amas exploitables de gypse sont rares. Les indices de gypse recensés sont : Djebel Akhal, Djebel Dorbane, Kef Henchir.

1.4. Pierres de construction

· **Roches pour agrégats**

L'agrégat est produit à partir de roches dures d'origine diverse : formations métamorphiques et magmatiques, et les calcaires.

Dans le bassin de Mila, essentiellement la région de Mila, possède de grandes potentialité en roches carbonatées, appartenant aux terrains du Crétacé et Eocène.

- Les calcaires, sont associés aux formations d'âge crétacé et éocène.
- Les dolomies, quand elles sont associées aux calcaires, elles donnent un bon agrégat.
- Les graviers et les sables, sont utilisés dans la construction, exploités au oued Rhumel et au oued Smendou.
- Les grés quartzeux, sont largement utilisés dans la région. L'extension des grés dans la région de Mila est réduite, ils sont associés au complexe numidien et aux séries du Miocène moyen.

2. Matériaux à usage industriel et chimique

* **Dolomie** : chimiquement pures, les dolomies sont utilisées dans diverses domaines de l'industrie ; pour la production de réfractaires, production de magnésium métallique, de la dolomie caustique et en tant que castines pour la sidérurgie.

* **La calcite** : Le seul indice découvert dans la région de Mila est celui de Redjas Ferrada, mais il a été jugé sans intérêt pratique.

* **Le chlorure de sodium ; sel gemme**

Associé aux lacs salés, le sel gemme est généralement rencontré à proximité des formations du Trias. Dans la région de Mila, les dépôts de sel gemme, se trouvent au Sud-Est du village de Tiberguent, au pied de Djebel Bou Maaraf et à Ain Radjah, près du village d'Ahmed Rachedi le seul des dernier l'indices les plus important, Le sel se présente en couches de 20 à 40 cm associées aux dépôts argileux du Miocène et se localisé à une profondeur de 20 m.

Le gisement de sel gemme de Tiberghent est situé à 4 Km à l'ouest d'Ahmed Rachedi. La morphologie des dépôts de sel gemme est représentée par des couches lenticulaires et des filons avec des minces couches de gypse dispersé dans l'argile rouge.

Macroscopiquement le sel gemme montre un aspect massif, la roche est monominérale. Elle est composée essentiellement de halite avec des inclusions de matière organique (1%), des argiles et des hydroxydes de fer (0,1%).

Le sel est exploité par les habitants de la localité d'une façon artisanale. Il est utilisé pour les besoins locaux, seule une petite quantité est vendue. D'après les habitants de la localité, le sel est extrait depuis un siècle environ de la même façon artisanale. Il nous paraît important de mener des recherches afin d'évaluer et d'augmenter les perspectives du gîte d'Ahmed Rachedi.

· **Roches ophitiques**

Plusieurs corps lenticulaires de roches ophitiques liées aux formations gypsifères du Trias ont été mis en évidence dans la région de Mila. Ils ont été identifiés et considérés comme une matière première pour l'amiante. Parmi les utilisations possibles de l'amiante, nous citerons l'isolation thermique.

3. Conclusion

Sur toutes les variétés de roches développées dans le bassin de Mila, ce sont les formations carbonatées qui présentent un intérêt économique comme substance utile. Il s'agit de massifs importants de calcaires et de dolomies, parmi lesquels on peut citer le gisement de dolomie de Djebel Teioualt et le gisement de calcaires de Djebel Grouz où le produit est de haute qualité et peut être utilisé dans plusieurs branches de l'industrie.

Aussi, les potentialités de la région en substances utiles sont assez intéressantes. Elles consistent en des argiles à brique du Miocène, des grès quartzeux, du gypse, du marbre (pierre décorative, graviers et sables) qui sont bien développés dans les vastes plaines (Oued Rhumel et Smendou).

Les indices d'argiles dans le bassin de Mila-Constantine à intérêt économique sont : les argiles rouges de Ain Kerma, les argiles grises d'Ibn Zied, des argiles grises de Kherouba, de Taha, d'Ahmed Rachedi, et de la vallée du Rhumel...

C. Caractères géologiques et miniers des dépôts argileux du bassin de Mila - Constantine

1. Introduction

Les dépôts argileux du bassin de Mila correspondent à l'accumulation des matériaux détritiques de type continental d'âge mio-pliocène qui se sont déposés dans une dépression plus ou moins allongée (bassin). La mise en place de ce dernier dépend de la subsidence et de la vitesse de sédimentation. La sédimentation est beaucoup plus importante au milieu du bassin que sur les bordures.

Selon (I. Cojon et M. Renard, 1999), la structure et la position des corps sédimentaires sur le profil plate forme / bassin dépend de l'espace qui est potentiellement disponible (accommodation) pour l'accumulation des sédiments entre le niveau de la mer et le fond.

Figure 28 (15 réseau hydrographique)

2. Caractérisation géologique, minéralogiques et chimiques des différents gisements dans le bassin de Mila - Constantine

La répartition spatiale des dépôts argileux dans le bassin de Mila est assez irrégulière. Les principaux dépôts argileux ayant un intérêt économique sont réparties comme suit (figure 27) : gisement de Kherouba ; Medjeda ; Bou Malek ; Ahmed Rachedi ; vallée du Rhumel ; de Taha (Ain Tin) ; de Ain Kerma et Ibn Zied.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à deux gisements, le gisement de Ibn Zied et celui de Ain Kerma et l'étude de quelques sondages qui ont été effectués dans le bassin.

2.1. Le gisement d'argile rouge d'Ain Kerma

Le site objet de la présente étude est situé dans le territoire de la commune Messaoud Boudjeriou (Ain Kerma), à proximité du chemin venant de Constantine (figure 28). Le gisement exploité est situé précisément au lieu Mehaidjiba dans le prolongement nord-est de Kef Beni-Hamza à 02 km au nord de l'ancienne mine abandonnée. On y accède à partir du chemin de wilaya venant de Constantine via Ain Kerma. Il fait partie du versant ouest de la montagne Mohanden, elle-même faisant partie des Kheneg dont l'altitude moyenne varie de 600 à 700 m.

La région du gisement avec ses différents monticules, dômes, représente le versant opposé à celui du massif du Djebel Zouaoui dont le point culminant atteint 1281m.

L'exploitation est organisée par campagne de un mois par an durant la période estivale. Sur site, ils sont réalisés plusieurs sondages carottés par la division de recherches et études géologiques de l'S.N.M.C (figure 29).

a- Description géomorphologique du gisement

Au plan géomorphologique le site de la carrière est très peu boisé. Du nord-est au nord-ouest du site, le relief est constitué de versants instables fortement exposés à l'érosion donnant naissance à une multitude de petits ravinements, principaux effluents des Oueds : Begrat et Guergour eux-mêmes confluent dans l'Oued Rhumel.

Le point de jonction Oued Rhumel - Oued Begrat est situé à quelques deux kilomètres à l'est de Ain-kerma.

b- Description géologiques : (figure 29)

Pour les besoins de cette étude, nous nous sommes référés à la monographie du pays constantinois publiée en 1952 par P. Deleau ainsi qu'à la carte géologique à 1/200.000^{ème} feuille PG3,4 avec sa notice explicative éditée par le service géologique de l'Algérie en collaboration avec la division exploitation de SONATRACH en 1977.

- La lecture sommaire de ces documents fait ressortir les données géologiques suivantes (figure 30).

La région dans laquelle est implantée la carrière d'argile, objet de l'étude fait partie de la zone péni-tellienne de la chaîne numéidique de Constantine, caractérisée par une structure allochtone clairement identifiée au Djebel Kheneg, à Chettaba et Djebel Grouz au sud de Mila. Cette nappe recouverte par des marnes noires du Maastrichtien à Paléocène. Tout le long du versant sud-est de Chettaba prédomine une formation de marnes noires du Sénonien supérieur marneux.

Les principaux reliefs à proximité desquels se trouve le site exploité sont les montagnes de Kef - Beni Hamza et les montagnes de Kheneg dont les altitudes varient entre 602m et 762m.

Figure 29 (Fig 16 carte geologique 1/200)

La composante géologique de cette zone est une formation mio-pliocène continentale dans laquelle affleure des calcaires barrémiens et aptiens au contact d'un complexe broyé triasique à hauteur de Kef-Beni Hamza. (figure 31).

b.1. Composition minéralogique des argiles d'Aïn Kerma

Au point de vue pétrographique le gisement est représenté par des argiles, d'origine sédimentaire type kaolinitique, c'est une masse terreuse sans stratifications apparente, de teinte ocre.

Morphologiquement le gisement est un monticule s'étirant du sud-ouest vers le Nord – Est, dénudé, se trouvant à altitude 520 m de puissance approximative de 21m.

* Caractéristiques chimiques de la substance (tableau n°3)

Elément	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	PF
Argile d'Aïn Kerma	45.12	13.20	4.29	/	16.93	0.60	0.20	0.02	0.75	18.47

Tableau n°3 : composition chimique de la substance (argile) du gisement d'Aïn Kerma

· Composition minéralogique : (tableau n°4)

Elle été identifiée avec la méthode physique

Minéraux gisement	kaolinite	Quartz	feldspaths	Muscovite
Argile Ain Kerma	32.76	29.02	1.34	/

Tableau n°4 : composition minéralogique des argiles d'Aïn Kerma

c- Durée de vie du gisement

La durée de vie d'une exploitation minière est tributaire de :

- Réserve géologique : 10235.000 tonnes.
- Réserve exploitable : 741.00 tonnes.

Pour le cas de ce gisement la durée de vie estimée selon les paramètres indiqués est de : $741.000 \text{ t} / 9500 \text{ t} = 78 \text{ ans}$.

2.2. Le gisement d'argile grise d'Ibn Zied

Le site objet de la présente étude est situé dans le territoire de la commune Ibn Zied, à proximité du chemin de wilaya reliant Constantine à Ibn Zied (figure28). Le site est localisé au lieu dit Oued Defla, commune de Ibn Zied avec une superficie de : 2.3858 ha.

Aux coordonnées Lamberts suivantes :

points	X	Y
1	839.202,15	350.362,10
2	839.201,20	350.429,84
3	839.199,81	350.539,83
4	839.235,44	350.569,83
5	839.308,80	350.539,83
6	839.338,80	350.484,13
7	839.327,70	350.443,62
8	839.318,65	350.390,10
9	839.284,39	350.364,13

a. Réserves

Historique : le site a connu un début d'exploitation au début des années 1990 avec une cadence d'extraction de 5000.m3/an avec toutefois un ralentissement durant la période d'insécurité qu'a connu la région. Le volume extrait est estimé à : 50.000 m³

les profils en long et en travers du périmètre font ressortir une altitude moyenne 15m.

Réserves géologiques: $23.858 \text{m}^2 \times 15 \text{m} = 357.870 \text{m}^3$.

Poids spécifique de l'argile : 1,90 t /m³

Quantités enlevées durant 10 ans : $5000 \times 10 \text{ ans} = 50.000 \text{m}^3 \times 1,9 = 95000 \text{ t}$

Réserves géologiques disponibles : $357.870 \text{ t} - 95.000 \text{ t} = 262.870 \text{ t}$

Taux de récupération 80% soit : $262.870 \text{ t} \times 0,8 = 210.296 \text{ tonnes}$

Réserves exploitables : 210.296 tonnes

Durée (de vie) :

Au rythme actuel de 9.500 tonnes/an la durée de vie serait de

$210.296 \text{ t} : 9.500 \text{ t / an} = 22 \text{ ans}$.

b. Aperçu géographique et géologique de la région (figure 29)

Ces principaux reliefs à proximité desquels se trouve le site exploité sont les montagnes de kef Béni Hamza et les montagnes de Kheneg dont les altitudes varient entre (602m) et (762m) au nord et les monts Zouaoui et Chettaba au sud accusant une altitude de plus de 900m.

Au plan géomorphologique la région, de la carrière est très peu boisée du Nord-Est au Nord-Ouest. Le relief est constitué de versants instables fortement exposés à l'érosion donnant naissance à une multitude de petits ravinements, principaux effluents des Oueds Begrat et Guergour eux mêmes confluent de Oued Rhumel.

Le point de jonction Oued Rhumel – Oued Begrat est situé à quelque deux kilomètres à l'Est de Ain – Kerma (figure 28).

Les altitudes moyennes varient de 600 à 700 m en moyenne.

Les points culminants sont ceux du Djebel Zouaoui (1285m), plus au sud de la carrière, et selon un axe nord-sud, prédomine au versant sud du Djebel Zouaoui, la forêt de Chettabeh, constitué principalement de maquis de chêne vert.

Du point de vue hydrographique la commune d'Ibn Zied fait partie de la Wilaya de Constantine, elle même fait partie du bassin du Kebir-Rhumel représentant 20% du territoire couvert par le bassin Constantinois – Seybous – Mellegue.

c. Description géologique (figure 30)

La lecture sommaire de la carte géologique au 1/200.000ème; feuille PQ. 3. 4 avec sa notice explicative éditée par le service géologique de l'Algérie en collaboration avec la Division Exploration de Sonatrach en 1977 : la région dans laquelle est implantée la carrière d'argile grise, objet de l'étude fait partie de la nappe péni-tellienne de la chaîne numidique constantinoise, caractérisée par une structure allochtone clairement identifiée au Djebel Kheneg, à Chettaba et à Djebel Grouz au Sud de Mila. Cette nappe, comme on a déjà mentionnée avant recouverte par des marnes noires du Maastrichtien à Paléocène.

Au kheneg l'Aptien se présente sous un faciès néritique calcaire couplé à un calcaire barrémien (n4n) à l'ouest tandis que à l'est une suite d'alternance calcaro-dolomitique du Néocomien carbonaté (nn) se terminant par des dolomies noires du Jurassique supérieur (jn).

d. Pétrographie des argiles

De point de vue pétrographique le gisement est représenté par des argiles, d'origine sédimentaire type kaolinique, masse terreuse sans stratification apparente, de teinte grise. Morphologiquement l'affleurement est un monticule s'étirant du sud au nord, dénudé, se trouvant à altitude 460m de puissance approximative 15m (ne disposant pas de résultats de sondage).

e. Caractéristiques chimiques de la substance

Les analyses effectuées par le laboratoire de l'unité de recherches et études géologiques de l'ex SNMC Boumerdès, suite à la demande de l'entreprise SPA SCC, ont porté sur identification chimique et les teneurs des différents éléments composants la substance.

· Composition chimique

Eléments	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	PF
Gisement										
Argile Ibn Zied	51,2	16,98	4,96	/	9,25	1,99	1,02	0,28	1,26	13,22

Tableau n°5 : composition chimique des argiles du gisement d'Ibn Zied

· Composition minéralogique

Minéraux	Kaolonite	Quartz	Feldspath	Muscovite
Gisement				
Argile Ibn Zied	31,02	27,36	8,39	/

Tableau n°6 : composition minéralogique des argiles du gisement d'Ibn Zied

Figure 30 (17 Sondages 1)

f. Durée de vie

La durée de vie d'une exploitation minière est tributaire de :

- réserves géologiques : 262.870 tonnes.
- Réserves exploitables : 210.296 tonnes.
- Cadence d'exploitation : 5000m³/an soit en tonnes.

$$5000 \text{ m}^3/\text{an} \times 1.90 = 9500 \text{ tonnes/an}$$

Pour le cas de ce gisement la durée de vie estimée selon les paramètres indiqués est de 210.296

$$/9500t=22 \text{ ans}$$

g. Commentaire des sondages carottés d'Ain Kerma (figure n°31)

Le log lithologique n°1 : montre une répétition rythmique de la couche d'argile marneuse rouge, intercalée parfois par des passés de conglomérats blancs avec des épaisseurs varie entre 5.5m et 3m.

A 31m de profondeur, apparaît la couche d'argile marneuse rouge sableuse avec une épaisseur de 9m.

Au de là de 44m, on distingue la présence de la couche des calcaires gris durs avec filonets de calcite.

Le log lithologique n°2 : il est caractérisé par une couche d'argile marneuse sableuse d'épaisseur de 21m environ suivi par une couche d'argile rouge compacte avec une épaisseur de 2.8m. Cette couche se répète à trois niveaux avec intercalation d'une d'argile rouge marneuse sableuse. Au de 42.7m apparaissent les argiles marneuses rouge avec inclusion de carbonates.

Le log lithologique n°3 : il débute directement par une couche d'argile altéré (en surface) avec inclusions de carbonates, la couche de terre végétale brunâtre est décapée. La première couche est suivi par une mince couche d'argile marron brunâtre oxydée (0.6m) d'épaisseur et une couche d'argile marneuse rouge avec inclusion carbonaté (1.4m) d'épaisseur, après cette couche apparaissent les argiles marneuses rouge compactent à partir de 3.4m de profondeur avec épaisseur de (6.3m).

Cette couche se rencontre dans trois niveaux mais avec des épaisseurs moins en profondeur, ces niveaux d'argiles marneuses compactes sont intercalés par des argiles marneuses sableuses avec de passés de minces couches de conglomérats

Conclusion

La couche d'argile marneuse rouge avec des inclusions carbonatées solide apparaît à partir de 22.6m de profondeur pour le sondage n°1 et 25.4 pour le sondage n°2, mais elle apparaît à 42.7m de profondeur pour le sondage n°3.

3. Caractéristiques géologique, minéralogique et chimique des argiles du gisement de Ferdjioua

Le gisement d'argiles de Ferdjioua est situé à environ 1 km au sud de la commune de Fredjioua. Les coordonnées Lambert du gisement sur la carte topographique au 1/50.000 sont :

$$X = 349.30$$

$$Y = 790.60$$

L'assise argileuse utile est composée d'argile d'âge mio-pliocène, recouverte par des dépôts quaternaires. Les niveaux argileux exploités se composent de masses hétérogènes. En raison de la qualité exigée des argiles par l'industrie, l'exploitation de cette assise argileuse se fait de manière sélective.

La partie superficielle de cette masse est considérée comme argile contaminée en raison qu'elle renferme des impuretés (oxyde de fer, de la matière organique, des carbonates et des particules siliceuses).

Cette partie superficielle formant la couverture de l'assise exploitée, présente une épaisseur variant entre 5.30 m et 11.60 m. L'épaisseur moyenne de cette couverture est de l'ordre 6.60 m.

L'intervalle exploité est formé d'argile pure comprenant généralement en intercalation de minces couches de gypse d'épaisseur d'ordre millimétrique à centimétrique.

1) Travaux miniers

Les travaux de recherches effectués sur le gisement d'argile de Ferdjioua, ont pour but l'estimation quantitative et qualitative des réserves en argile de ce gisement.

Les travaux de prospection minière, réalisés au niveau du gisement d'argile de Ferdjioua ont consisté essentiellement à la réalisation de sondages et d'ouvrages miniers (tranchées, puits).

Ces travaux ont permis la réalisation d'un échantillonnage systématique des différentes parties du gisement.

A ce propos, quatorze sondages ont été effectués. Les épaisseurs moyennes de l'assise argileuse mise évidence par ces sondages sont consignées dans le tableau suivant :

N° de Sondage	Profondeur	Couverture m	Argile altéré m	Assise saine m	Assise utile m
1	27.30	00.60	08.10	16.80	24.90
2	38.60	01.20	10.60	22.00	32.60
3	19.45	00.70	05.30	07.50	12.80
4	12.00	00.90	05.90	05.20	11.10
5	25.70	03.85	06.00	11.95	17.95
6	24.10	04.60	06.30	13.20	19.50
7	10.00	10.00	-	-	-
8	13.20	13.20	-	-	-
9	21.40	01.40	11.60	08.40	20.10
10	25.60	00.50	04.70	20.40	25.10
11	31.60	01.40	09.30	09.50	14.80
12	20.10	04.30	09.90	05.90	15.80
13	20.10	03.00	10.00	07.20	17.20
14	10.00	10.0	-	-	-

Tableau 7 : épaisseurs moyennes des affleurements argileux du gisement de Ferdjioua reconnues par sondages.

Les travaux de laboratoire ont porté essentiellement sur l'analyse minéralogique et chimique de ces argiles.

2. Composition minéralogique des argiles

Les argiles de Ferdjioua ont été analysées par diffractométrie. Les résultats révèlent une composition polyminérale suivante :

Les principaux minéraux argileux formant cette argile sont:

- kaolinite
- l'illite
- montmorillonite

A ces minéraux argileux s'ajoutent des impuretés, représentées essentiellement par :

- Quartz avec un pourcentage élevé
- Calcite
- Dolomite : de 21 à 33%
- Gypse : 1 à 3 %
- Feldspaths : en très faible quantité
- Minéraux ferrugineux 5 à 6%

Les résultats de l'analyse minéralogique des argiles de Ferdjioua sont représentés sur le tableau 2.

N° Ech	Qz	Carbonate Calcite Dolomie	Gypse hydraté	Feldspath	Minéraux ferrugineux	Siderite	Kaolinite	Illite	Montmorillonite
1	++	21	1.5	Très faible	5 à 6	-	+	+	+
2	++	21	2	Très faible	5 à 6	Très faible	+	+	+
3	++	29.5	<1	Très faible	5 à 6	Très faible	+	+	+
4	++	33	1	Très faible	5 à 6	Très faible	+	+	+
5	++	26	>1	Non décelé	5 à 6	-	+	+	+
6	++	26	3	Non décelé	5 à 6	Très faible	+	+	+
7	++	25	1.5	Très faible	5 à 6	Très faible	+	+	+

- : non estimé

+ : % modéré

++ : % fort

Tableau 8 : résultats de l'analyse minéralogique des argiles de Ferdjioua

3. Composition chimique des argiles

Le pourcentage des différents constituants entrant dans la composition chimique de ces argiles est donné par le tableau (éléments majeurs)

N° Ech h	SiO2 %	Al2O3%	Fe2O3%	CaO%	MgO%	SO3%	Na2O%	K2O%	TiO2%	P.F%
1	56.98	12.29	5.60	09.70	2.02	0.96	0.31	1.02	-	11.87
2	53.68	12.41	5.60	10.77	1.13	1.33	0.41	1.24	-	12.66
3	44.72	15.18	5.60	14.69	1.81	0.48	0.48	1.45	-	16.21
4	42.54	14.59	5.24	17.16	1.45	0.71	0.62	1.09	-	16.89
5	48.18	14.43	5.68	12.73	1.85	0.41	0.40	1.09	-	14.69
6	49.62	13.23	5.86	12.34	2.80	1.78	0.43	1.26	-	13.80
7	44.46	13.66	6.00	11.61	2.42	0.96	0.67	1.24	-	13.74

Tableau 9 : composition chimique des argiles de Ferdjioua

Les échantillons analysés montrent des valeurs en éléments majeurs très différentes. L'échantillon 1 et 2 montrent une très forte teneur en SiO2 ce qui indique la richesse de la région ou les régions avoisinante en minéraux silicatés, ainsi que l'échantillon n°2 est riche en soufre.

Les échantillons 3 et 4 montrent des teneurs très élevées en alumine et carbonates et la perte au feu est très élevée.

L'échantillon n°6 est très riche en minéraux magnésiens et des teneurs élevées soufre.

4. Caractéristiques géologique, minéralogique et chimique des argiles du gisement de Mila

Ce gisement est situé à 2 km au Nord-Est de la ville de Mila. Les coordonnées Lambert sur la carte topographique au 1/50000 sont les suivantes :

$$X = 821.550$$

$$Y = 357.850$$

Le gisement s'étend sur une superficie d'environ 318.450 m². Plusieurs sondages sont effectués dans l'assise exploitable jusqu'à une profondeur maximale de 65.5 m.

La substance exploitable est une argile grise, présente en intercalation de fins lits gréseux.

Les propriétés minéralogiques de la masse argileuse donnent une diversité de faciès formant cette masse, déterminées sur carottes par la SNMC, sont comme suit :

- Argile sableuse : 50 – 55%
- Argillite sableuse : 20%
- Argillite : 20 – 22%
- Grés dur 6%
- Calcaire 0.5%

* Composition chimique

Les teneurs moyennes des différents constituants de ces argiles fournis par la S.N.M.C sont comme suit :

SiO2 : 49.34%

Al2O3 : 14.61%

Fe2O3 : 6.05%

CaO : 10.82%

MgO : 1.45%

SO3 : 1.35%

Perte au feu : 13.50%

Les teneurs les plus élevées se rapportent aux éléments SiO₂ et Al₂O₃, ceci correspondrait à des minéraux aluminosilicatés, légèrement calcitiques.

5. Comparaison entre la composition chimique et minéralogique des gisements d'argile du bassin Mila- Constantine (tableau n°10)

Majeur	Ain Kerma	Ibn Zied	Ferdjioua	Mila	Kerrouba	Constantine
SiO ₂	45,12	51,2	48,6	49,34	53,16	24,57
Al ₂ O ₃	13,2	16,98	13,68	14,61	14,8	16,3
Fe ₂ O ₃	4,29	4,96	5,65	6,05	6,61	12,96
CaO	16,93	9,25	12,71	18,82	7,97	39,41
MgO	0,60	1,99	1,97	1,45		2,56
Na ₂ O	0,02	0,28	0,47			0,24
K ₂ O	0,2	1,02	1,19		1,31	1,42
SO ₃	0,75	1,26	0,94	1,35	0,68	0,52
Ti					0,79	
Cu						
Cl						
P ₂ O ₃						
Kaolinite	32,16	31,02				
Quartz	29,02	27,36				
Fths	1,34	8,39				
Muscovite						

Tableau n° 10 : Les éléments majeurs des différents gisements du bassin Mila – Constantine

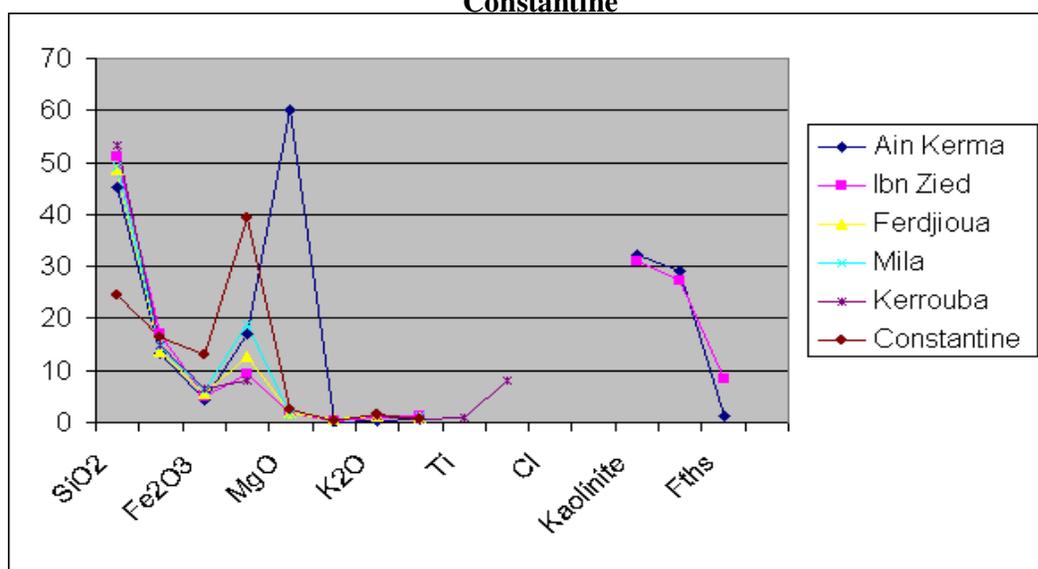


Figure 30* : Présentation graphique des éléments majeurs des gisements

6. Interprétation des analyses chimiques et minéralogiques des gisements du bassin de Mila – Constantine (tableau N°10)

La première observation qui saute aux yeux, sur la figure 30* qui représente une évolution graphique des éléments majeurs des différents gisements étudiés dans le bassin Mila – Constantine, c'est bien qu'une évolution homogène des éléments majeurs dans les différents gisements.

Les teneurs en éléments majeurs des gisements cités ci-dessus sont presque identiques avec des valeurs approximatives, qui impliquent probablement l'homogénéité des dépôts détritiques dans le bassin de Mila – Constantine.

La teneur en SiO_2 des argiles de Ain Kerma, Ferdjioua et Mila est moyennement forte par rapport aux argiles d'Ibn Zied et Kherrouba (53.16%), par contre la teneur en SiO_2 des argiles de Constantine est très faible.

Les argiles d'Ibn Zied et de Constantine sont riches en Al_2O_3 comparativement aux argiles des autres gisements.

Les argiles de Constantine sont très riches en oxyde de fer et en minéraux carbonatés. Ces argiles sont attribuées à des marnes.

Les argiles d'Ain Kerma et d'Ibn Zied sont kaolinitiques avec la présence de quartz.

Les argiles d'Ain Kerma sont kaolinitiques et légèrement quartziques avec très peu de feldspaths et les argiles d'Ibn Zied sont kaolinitiques avec des teneurs faibles en quartz, mais légèrement riches en feldspaths.

V. Répartition des gisements d'argiles à travers le bassin de Mila-Constantine

A. Le gisement de Kherrouba

Ce gisement est constitué essentiellement d'argiles d'âge Miocène.

Les coordonnées lambert du gisement sur la carte topographique au 1/50000 sont :

X= 821400
Y= 355800
L= 6°11'1''
I= 36°26'56''

Résultats d'analyses chimiques :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	SO ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂
53.16%	14.8%	6.61%	7.97% ?	0.76%	0.68%	1.45%	1.31%	0.79%

Tableau n°11 : résultats d'analyse chimiques des argiles du gisement de Kherrouba

Les argiles de ce gisement sont utilisées dans la briqueterie de Mila ; pour fabrication de briques creuses et tuiles sans ajouter de dégraissants.

Les réserves sont calculées et sont suffisantes pour une période d'environ 83 ans.

B. Le gisement de Bou Malek

Situé dans les environs NE d'Oued Athmania, c'est un gisement d'argiles sableuses d'âge miocène.

L'extension de ce gisement est de: 800x 500m. La substance d'argile est utilisée dans la fabrication de brique et tuile. Les argiles de ce gisement sont sableuses et parfois gréseuse (ORGM, 1999), grisâtres à gris jaunâtres et aussi est signalée la présence de petites amas gypsifères et carbonatés.

Les coordonnées du gisement sur la carte topographique au 1/50000 sont :

X = 816 700
Y = 336 400
L = 6° 13' 30''
I = 36° 16' 32''

C. Le gisement d'Ahmed Rachedi

Les coordonnées Lambert du gisement sont :

X = 806 641
Y = 348 586
L = 6° 7' 5''
I = 36° 23' 16''

Ce gisement est constitué d'argiles d'âge miocène à paléocène (ORGM, 1999), il se présente sous forme de collines orientées Est-Ouest. Le gisement est formé d'argiles et de carbonates à intercalations gypsifères ; les argiles sont de couleur brunâtre à grisâtre parfois gypsifères.

D. Le gisement de la Vallée du Rhumel

Les coordonnées Lambert de ce gisement sont :

$$\begin{aligned} X &= 823\ 700 \\ Y &= 361\ 800 \\ L &= 6^\circ 18' 48'' \\ I &= 36^\circ 30' 8'' \end{aligned}$$

Le gisement est constitué d'argiles kaolinisées d'âge miocène (ORGM, 1999), elles sont utilisées dans la fabrication de la matière première pour céramique, brique et tuile. Les argiles de ce gisement sont plastiques, homogènes, savonneuses au toucher.

E. Le gisement de Taha (Ain Tin)

Les coordonnées Lambert de ce gisement sont :

$$\begin{aligned} X &= 824\ 000 \\ Y &= 354\ 000 \\ L &= 6^\circ 18' 49''50 \\ I &= 36^\circ 25' 55'' \end{aligned}$$

Le gisement de Taha est constitué d'argiles d'âge miocène (ORGM, 1999), elles s'étalent sur des surfaces considérables. Elles sont utilisées dans la fabrication de briques et tuiles.

D'après les analyses de granulométrie, les fractions constituent les propositions suivantes :

$$\left. \begin{array}{ll} 0.16\text{mm} & : 4.8\% \\ 0.16-0.07 & : 8.4\% \\ 0.01 & : 52.95\% \end{array} \right\} \quad 66\% \text{ et le reste } 34\%$$

Ces résultats confirment que les argiles de ce gisement sont plastiques et compactes.

F. Etude géotechnique de quelques sites du bassin de Mila

Le laboratoire des travaux publics de l'Est, Direction de Constantine, a procédé à l'étude géotechnique des terrains devant servir de bassin tampon pour la conduite de transfert du barrage de Grarrem. En ce qui nous concerne et l'intérêt principale de cette étude est l'établissement de quelques sondages carottés et avoir des données de quelques essais physiques et mécaniques du sol afin de connaître la nature du sous sol.

D'après la carte géologique de Constantine au 1/200000 (1960), les terrains d'études appartiennent au Mio-Pliocène continental couvert par des éboulis à blocs du Quaternaire. Sur site le L.T/P/ Est de Constantine a procédé à l'exécution de plusieurs sondages carottés de profondeurs différentes. L.T.P/Est prélève des échantillons pour les soumettre aux essais de laboratoire et réalisé des coupes lithologiques.

Nous avons regroupé les sondages réalisés par site comme suit (figure 31) :

- Le site de la commune de Ain Tin. (SC2-SCc – SCd-SC2) et 1-2-3-4-5.
- Le site de Djebel Akhal (axe et entrée Nord du Dj Akhal) et sortie Sud (SC7) du Dj Akhal – Sidi Khelifa. SC1 et SC1-SCa-SC3.
- Le site de Krenenou .(C.M.N.O.P.O).
- Les sondages du site de Sidi Merouane – Zeghia : SC1⁺ - SC2⁺ - SC3⁺ - SC4⁺.
- Les sondages du site anti-coupe de belier : Azzaba Lotfi – Graveur F.G.H.I
- Le site de Beni – Haroun : *1 *2 *3 *4 *5 *6.

NB : les sondages du site de Sidi Merouane-Zeghia : SC1⁺, SC2⁺, SC3⁺, SC4⁺ et les sondages du site de Beni-Haroun : *1, *2, *3, *4, *5, *6 sont pas représentés sur la carte d’implantation des sondages (figure 31).

Figure 31 (18 carte d'implantation)

VI. Propriétés physiques des sols et classifications géotechniques

A. Classification géotechnique des sols

Il est habituel de caractériser les sols à l'aide d'essais relativement simples. Ces essais sont appelés *essais d'identification*. Les principaux sont les suivants :

- l'analyse granulométrique.
- La détermination des limites d'Atterbergue,
- Densité et teneur en eau,
- Poids spécifique (SCC)

Et des essais mécaniques, où les principaux sont :

- essai de cisaillement à la boîte casagrande pour déterminer :
 - cohésion apparente (Cu),
 - l'angle de frottement interne
- essais de compressibilité à l'Eodomètre pour déterminer :
 - l'indice de compressibilité (Cc),
 - l'indice de gonflement (Cg),
 - la pression de consolidation.

1. analyse granulométrique

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions de grains de différentes tailles dans le sol. Elle s'effectue par :

- tamisage (norme NF P 94-056) pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 μ m ;
- sédimentométrie (norme NF P 94-057) pour les grains les plus fins. l'essai consiste à laisser une suspension de sol se déposer au fond d'une éprouvette pleine d'eau. Plus les grains sont fins, plus la vitesse de décantation est lente conformément à la loi de Navier-Stock sur la vitesse de chute de bille sphérique dans l'eau. La mesure de la densité de la suspension à des intervalles de temps variables permet de calculer la proportion de grains de chaque diamètre. Les résultats sont exprimés sous forme d'une courbe appelée courbe granulométrique, qui donne le pourcentage cumulé d'élément de dimension inférieure à chaque diamètre.

La figure (n°32) présente quelques courbes granulométriques caractéristiques :

- courbe 1 : granulométrie étalée et discontinue (alluvions de sables et graviers) ;
- courbe 2 : granulométrie étalée et continue (arène granitique) ;
- courbe 3 : granulométrie serrée (sables de Fontainebleau) ;
- courbe 4 : limon argileux ;
- courbe 5 : argile limoneuse ;
- courbe 6 : argile pratiquement pure (bentonite), le sol comportant 87% d'argile inférieure à 2 μ m.

D60, D30 et D10 étant respectivement les diamètres correspondant à 60%, 30% et 10% d'éléments de dimension inférieure, deux paramètres sont utilisés pour caractériser l'allure de la courbe granulométrique d'un matériau :

- le coefficient d'uniformité Cu tel que $Cu = D60 / D10$.
- Le facteur de courbure Cc tel que $Cc = (D30)^2 / (D10 \cdot D60)$.

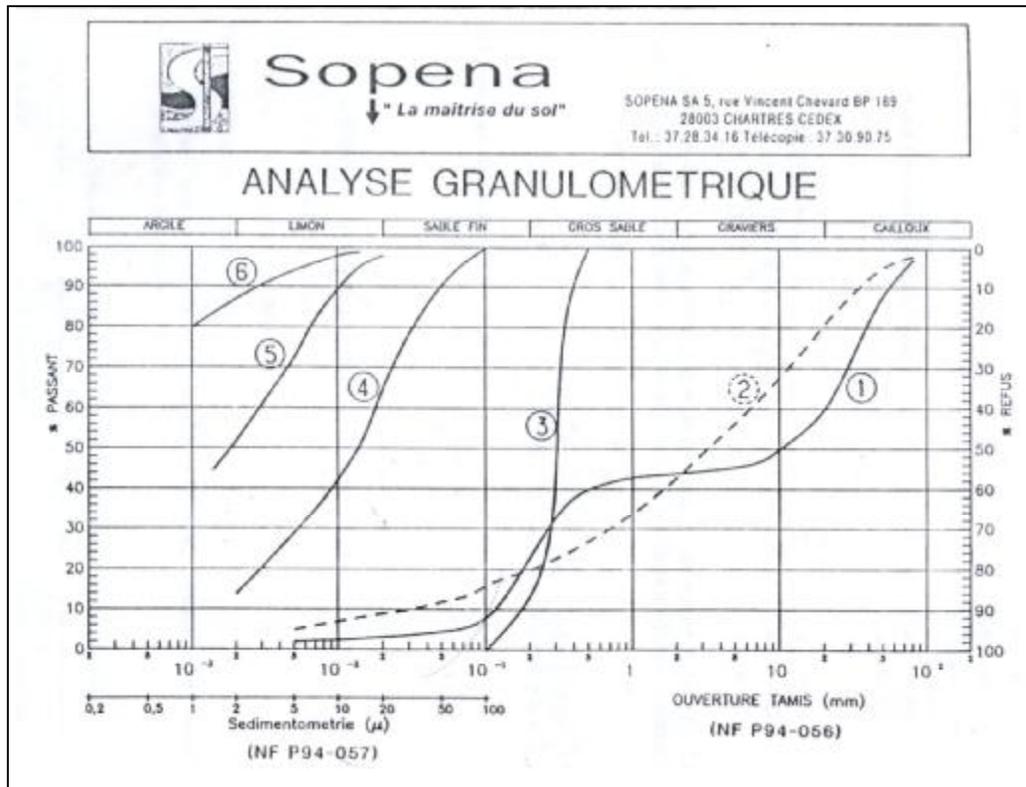


Figure 32 Exemple de courbe granulométrique

2. Limites d'Atterberg – activité des argiles (CambeFort H.,1971)

Compte tenu de leur structure, les argiles ont la propriété d'absorber des quantités d'eau très importantes ou, au contraire, de se dessécher, ceci en fonction des conditions d'humidité auxquelles elles sont soumises. Les kaolinites n'absorbent qu'une quantité d'eau modérée car celle-ci a uniquement la possibilité de se loger entre les grains d'argile. En revanche, l'eau a la possibilité de s'introduire entre les feuillets élémentaires des montmorillonites. Ceux-ci s'écartent les uns des autres, c'est à dire qu'il se produit un phénomène de gonflement. Inversement, s'il y a dessiccation les feuillets se rapprochent : l'argile fait du retrait.

Quelle que soit la nature de l'argile, celle-ci malaxée avec des quantités d'eau de plus en plus importantes, finit par se transformer en boue. L'argile a un comportement liquide.

Au contraire, si l'argile est suffisamment desséchée, les grains sont très resserrés et les liaisons deviennent intenses. L'argile a un comportement solide.

Entre ces deux états extrêmes, l'argile est malléable : elle a un comportement plastique.

Les limites d'Atterberg ont pour but de définir les états d'humidité correspondant aux limites entre ces trois états, l'état d'humidité du sol étant exprimé par sa teneur en eau.

La teneur en eau d'un sol est le rapport entre le poids d'eau contenu dans un certain volume de sol et le poids des grains solides contenus dans le même volume. Elle s'exprime en % et a pour symbole w de l'anglais water= eau.

- la limite de liquidité W_L traduit le passage entre l'état liquide et plastique

- la limite de plasticité WP correspond au passage entre l'état plastique et l'état solide. Ces caractéristiques sont complétées par l'indice de plasticité Ip qui s'exprime en % et est donné par la formule ci-après :

$$I_p = w_L - w_p$$

Les valeurs de w_P et I_p sont fonctions de la proportion et de l'activité des particules argileuses contenues dans le sol.

L'activité d'une argile, A_c, se définit comme suit :

$$A_c = \frac{\text{Indice de plasticité}}{\% \text{ éléments inférieurs à } 2\mu\text{m}}$$

A. W. Skempton donne les valeurs suivantes :

- montmorillonite sodique : A_c = 7,2%
- Illite : A_c = 0,9%
- Kaolinite : A_c = 0,38%

Voici, à titre d'exemple, quelques valeurs de limites d'Atterberg pour différents types de sol :

Limon :	W _L = 24 W _p = 17 I _p = 7
Argile limoneuse peu plastique :	W _L = 40 W _p = 24 I _p = 16
Argile très plastique :	W _L = 130 W _p = 45 I _p = 85

L'indice de consistance est également défini par :

$$I_c = \frac{W_L - w}{I_p}$$

Et l'indice de liquidité, moins utilisé, par :

$$I_L = \frac{W - w_p}{I_p}$$

W : étant la teneur en eau naturelle du sol

Si I_c > 1, le sol est à l'état solide

Si 0 < I_c < 1, le sol est à l'état plastique

Si I_c < 0, le sol est à l'état liquide

3. Classification LPC (in Benaissa A.)

Apparentée à la classification américaine USCS (Unified Soil Classification System), la classification des Laboratoires des Ponts et Chaussées (Français) s'appuie essentiellement sur l'analyse granulométrique et sur les caractéristiques de plasticité de la fraction fine, complétées par des essais de très simples (couleur, odeur effets de l'eau, etc). On l'a complétée récemment par une classification détaillée des sols organiques, fondée sur la teneur en matières organiques du sol et le degré de décomposition de ces matières organiques.

a. propriétés physiques

* **Essais oedométriques** : L'oedomètre et le nom que Terzaghi a donné à son appareil destiné à fournir la relation $e = f(\sigma')$.

Pour une charge donnée σ , les comparateurs permettent de suivre l'évolution des tassements de l'échantillon dont l'épaisseur est en général de 12 millimètre. Quand ils sont terminés, ou d'habitude après 24 heures, on augmente la charge de $\Delta\sigma$ avec :

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = 1. \text{ ainsi les charges appliquées sont en progression géométriques de raison } 2.$$

B. Le site de la commune de Ain Tinn

Les terrains appartenant à ce site se situent à la commune de Ain Tinn wilaya de Mila à proximité de l'entrée Nord du Tunnel Dj Akhal. Les sondages carottés ont pour coordonnées Lambert approximatives les suivants : (figure 32)

N°	SC N°	Profondeur (m)	X	Y	Z (m)
31	SC1	20	6°19'	36°22'	800m
31	SC2	20	=	=	=
31	SC3	20	=	=	=
31	SC4	20	=	=	=

D'autres sondages sont réalisés sur le même site, leurs coordonnées Lambert sont les suivants :

N°	SC N°	Profondeur (m)	X	Y	Z (m)
6	SC2*	15	796755.70	403298.36	845.00
2	SC C	15	796763.67	4032897.27	844.24
3	SC D	15	796760.91	4032922.90	844.70
4	SC E	18	796767.46	4032954.70	844.90

1. Description lithologique

Les logs lithologiques ont révélé la présence de formations suivantes : (figure 33)

N°	SC N°	profondeur (m)	Lithologie
31	SC1	00.00-01.00	Terre végétale
		01.00- 05.80	Blocs et graviers à matrice argileuse
		05.80-08.80	Argile brune à concrétion de calcaire
		08.80-15.00	Blocs et graviers
		15.00-20.00	Argile graveleuse brune
31	SC2	00.00-01.00	Terre végétale
		01.00-02.90	Argile graveleuse noirâtre
		02.90-09.70	Blocs et graviers à matrice argileuse
		09.70-20.00	Argile graveleuse brune
31	SC3	00.00-00.01	Terre végétale
		0.00-01.50	Argile graveleuse noirâtre
		01.50-14.50	Blocs et graviers à matrice argileuse
		14.50-20.00	Argile graveleuse brune
31	SC4	00.00-01.00	Terre végétale
		01.00-20.00	Argile graveleuse noirâtre
		02.00-08.00	Blocs et graviers à matrice argileuse
		08.00-20.00	Argile graveleuse brune
31	SC5	00.00-01.00	Terre végétale
		01.00-01.50	Argile graveleuse noirâtre
		01.50-09.00	Blocs et graviers à matrice argileuse
		09.00-20.00	Argile graveleuse brune

Tableau N°12 : Description lithologique des sondages : SC1, SC2, SC3, SC4, SC5.

Fig 33 : sondages SC1,SC2,SC3,SC4,SC

2. Essais de laboratoire

Les échantillons prélevés des sondages carottés ont été soumis aux essais physiques et mécaniques suivant :

*** Essais physiques (tableau n°13)**

- Limite d'Atterberg
- Densité et teneur en eau
- Granulométrie (SCC) (tableau N°14)
- Poids spécifique (SCC)
 - densité sèche.
 - densité humide

*** Essais mécaniques (tableau n°15)**

a .Essai de cisaillement à la boîte Casagrande pour déterminer :

- Cohésion apparente (Cu)
- L'Angle de frottement interne (ϕ) ou (6°)

b .Essais de compressibilité à L'Eodomètre pour déterminer (tableau n°):

- L'indice de compressibilité (Cc).
- L'indice de gonflement (Cg).
- La pression de consolidation

2. 1. Caractéristiques physiques

a. Caractère d'identification

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

SN N°	Profondeur (m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	W (%)	Sr (%)
SC 1	8.05-8.40	1.69	2.05	21.46	99.94
	17.00-17.50	1.79	2.12	18.01	99.73
	19.20-19.70	1.72	2.05	20.48	99.61
SC2	12.00-12.50	1.32	1.72	30.58	79.86
	14.50-15.00	1.30	1.70	31.45	79.92
SC3	8.10-8.50	1.67	2.00	19.68	89.10
	14.50-15.00	1.70	2.05	21.13	99.42 ²
SC 4	8.00-8.40	1.24	1.66	34.34	77.61
	11.00-11.50	1.46	1.88	29.28	94.37
	14.60-15.00	1.45	1.86	28.42	91.47
	18.60-19.00	1.27	1.67	32.82	75.98
SC 5	8.60-9.00	1.54	1.96	27.42	99.94
	14.40-15.00	1.56	1.96	25.48	96.75
	17.40-18.00	1.60	1.99	24.94	99.93

Tableau n° 13 : illustrant les essais physiques.

- γ_d densité sèche (poids spécifique à sec)
- γ_h : densité humide (poids spécifique humide)
- W Teneur en eau (limite d'Atterberg)
- Sr : degré de saturation
- les valeurs de : (γ_d) et (γ_h) témoignent d'un sol peu dense.
- Les valeurs de la teneur en eau (W) témoignent d'un sol humide.
- Le degré de saturation (Sr) indique un sol saturé.

Les échantillons qui sont soumis aux essais de laboratoire, sont sélectionnés selon des critères et des propriétés géotechniques très exigés, pour ce là les échantillons sont prélevés parfois à des profondeurs différentes.

Le sondage SC2 présente une limite d'Atterberg élevée à une profondeur de 12 à 12.5m et 14.50 et 15m ce qui indique un faciès humide par contre ces faciès présentent un degré de saturation faible.....

b. Analyse granulométrique sédimentométrique

SC N°	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable gros (%)	Sable fin (%)	Limon (%)	Argile (%)	Observation
SC1	8.05-8.40	17	04	11	15	53	Argile limoneuse graveleuse
	17.00-17.50	09	02	11	18	60	Argile limoneuse graveleuse
	19.20-19.70	-	-	08	16	76	Argile limoneuse
SC2	12.00-12.50	-	-	14	19	67	Argile limoneuse
	14.50-15.00	16	03	10	16	55	Argile limoneuse graveleuse
SC3	8.10-8.50	-	-	24	28	48	Argile limono-sableuse
SC4	8.00-8.40	25	02	19	45	09	Argile limoneuse sableux
	11.00-11.50	24	03	15	49	09	Argile limoneuse sableux
	14.60-15.00	11	03	12	20	54	Argile limoneuse graveleuse
	18.60-19.00	-	-	08	20	72	Argile limoneuse

Tableau n°14 : analyse granulométrique sédimentométrique

Les analyses granulométriques et sédimentométriques effectuées sur les échantillons prélevés des sondages carottés, montre que les terrains correspondant à cette partie du bassin sont constituées de formations argileuse à argiles limoneuse avec parfois des intercalations des argiles sableuses ou/et graveleuse.

2. 2. Caractères mécaniques

a. Résistance au cisaillement

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau suivant, l'essai est de type U.U (non drainé, non consolidé).

SC N°	Profondeur (m)	φ°	Cu (bar)	Observation
SC1	19.20-19.70	03	0.62	Sol cohérent
SC2	12.00-12.50	02	0.20	Sol cohérent
	14.50-15.00	06	0.09	Sol cohérent
SC3	8.10-8.50	01	0.17	Sol cohérent
SC4	14.60-15.00	02	0.05	Sol cohérent
	18.60-19.00	03	0.18	Sol cohérent
SC5	8.60-9.00	05	0.11	Sol cohérent
	14.40-15.00	01	0.05	Sol cohérent
	17.40-18.00	06	0.13	Sol cohérent

Tableau n° 15 : La résistance au cisaillement

- φ° : angle de frottement interne
- Cu : cohésion du sol

Observation : on a pris des échantillons pour les essais à des intervalles de profondeur par sondages. Ce sont les échantillons argileux qui sont soumis à des essais de laboratoire par ce que ce type d'essais s'effectue uniquement sur les terrains argileux ou fins.

Les sondages SC2 et SC5 présentent un angle de frottement de l'ordre de 5° à 6° et les valeurs de cohésion sont inférieure à 1 (bar) : $Cu < 1(\text{bar})$, ce témoignent que tout les faciès sondes représentés par ces sondages sont des terrains cohérents.

b. Compression à l'Oedomètres

SC N°	Profondeur (m)	Pc(bar)	Ce	Cg	Observation
SC1	8.05-8.40	2.71	0.241	0.081	Sol assez fortement compressible gonflant
	17.00-17.50	2.19	0.165	0.064	Sol assez fortement compressible gonflant
	19.20-19.70	2.48	0.221	0.074	Sol assez fortement compressible gonflant
SC2	12.00-12.50	1.10	0.297	0.064	Sol assez fortement compressible gonflant
	14.50-15.00	1.23	0.302	0.066	Sol très compressible gonflant
SC3	14.50-15.00	2.19	0.223	0.074	Sol assez fortement compressible gonflant
SC4	8.00-8.40	1.15	0.256	0.056	Sol assez fortement compressible gonflant
	11.00-11.50	1.11	0.315	0.065	Sol très compressible gonflant
	18.60-19.00	2.56	0.314	0.069	Sol très compressible gonflant
SC5	8.60-9.00	2.20	0.191	0.060	Sol moyennement compressible gonflant
	14.40-15.00	2.00	0.290	0.075	Sol assez fortement compressible gonflant

	17.40-18.00	2.15	0.218	0.062	Sol assez fortement compressible gonflant
--	-------------	------	-------	-------	---

Tableau n°16 : les résultats de la compression à l'Oedomètre

- Pc : pression de compression
- Ce : Coefficient de compression
- Cg : Coefficient de gonflement

Ex / Sondage SC3 par la compression à la profondeur de 14.50-15.00m Pour la résistance au cisaillement à une profondeur de 8.10-8.50 m.

Tout les faciès représentés par ces sondages, témoignent que se sont des terrains compressibles et gonflants.

3. Essais de la laboratoire du même site Ain Tin : sondages (SC2*, SCC, SCD, SCE)

Les coordonnées Lambert sont donnés au début sont les suivants :

N°	SC N°	Profondeur (m)	X	Y	Z (m)
6	SC2*	15	796755.70	403298.36	845.00
2	SC C	15	796763.67	4032897.27	844.24
3	SC D	15	796760.91	4032922.90	844.70
4	SC E	18	796767.46	4032954.70	844.90

3.1. description lithologique (tableau N°17)

SC N°	profondeur (m)	Lithologie
SC2*	0-4.5	Argile brune graveleuse à débris de coquille
	4.5-5.0	Bloc de calcaire
	5.0-15.0	Marne argileuse gypseuse brune à verdâtre
SC C	0-0.5	Terre végétale
	0.5-3.3	Argile brune peu graveleuse
	3.3-7.1	Argile marneuse peu graveleuse brune
	7.1-15.0	Argile marneuse avec bloc galet et graviers
SCD	0-0.3	Terre végétale
	0.3-15.0	argile marneuse à marne argileuse avec blocs galets et graviers
SC E	0-2.5	Argile peu marneuse graveleuse noire
	2.5-60.	Argile marneuse graveleuse brune à concrétion calcaire
	6.0-11.0	Blocs et graviers
	11.0-18.0	Blocs galets et graviers à matrice argilo - marneuse rougeâtre

Tableau n°17 : description lithologique (figure 34)

L'ensemble des sondages carottés indique une homogénéité du sol (figure 34)

3. 2. Caractéristiques physiques

a. Caractère d'identification

N°	SN N°	Profondeur (m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	W (%)	Sr (%)
6	SC 2*	11.30-11.70	1.74	2.08	19.57	99.54
2	SCC	6.40-7.00	1.65	2.01	22.32	96.83
		10.00-10.50	1.62	2.04	24.03	99.71
3	SCD	7.30-7.50	1.54	1.96	27.05	99.64
		12.30-12.80	1.69	2.05	21.46	99.69
4	SC E	5.00-5.60	1.54	1.99	26.69	98.28

Tableau n°18 : représente les caractères d'identification

- γ_d : densité sèche
- γ_h : densité humide
- w : Teneur en eau naturelle
- Sr : degré de saturation

REMARQUE

- les valeurs de (γ_d) et (γ_h) témoigne d'un sol moyennement dense.
- L'état du sol vue la teneur en eau (W) est légèrement mouiller à humide.
- Le degré de saturation (Sr) indique un sol saturé.

b. Les limites D'Atterberg

SN N°	Profondeur (m)	WL (%)	WP (%)	Ip (%)	classification
SC 2*	11.30-11.70	57.07	27.32	29.25	Sol plastique
SCC	6.40-7.00	59.89	28.32	31.57	Sol plastique
	10.00-10.50	63.04	28.58	34.46	Sol plastique
SCD	7.30-7.50	53.56	27.83	25.73	Sol plastique
	12.30-12.80	50.91	23.24	27.67	Sol plastique
SC E	5.00-5.60	56.67	28.68	27.98	Sol plastique

Tableau n°19 : représente les limites d'Atterberg

WI : limite de liquidité
 Wp : limite de plastique
 Ip : indice de plasticité

c. analyse granulométrique et Sédimentométrie

SN N°	Profondeur (m)	gravier (%)	sable Gros (%)	sable Fin (%)	Tamias 0.1 (mm) (%)	classification
SC 2*	11.30-11.70	-	-	-	100	Sol fin
SCC	6.40-7.00	12	06	03	79	Sol fin
	10.00-10.50	-	04	03	93	Sol fin
SCD	7.30-7.50	12	11	06	73	Sol fin
	12.30-12.80	01	06	03	90	Sol fin
SC E	5.00-5.60	07	06	03	84	Sol fin

Tableau n°20 :les résultats des analyses granulométriques

d. Poids spécifique

Référence échantillons		γ_s (g/cm ³)
SCN°	Profondeur (m)	
SCC	6.40-7.00	2.68
	10.00-10.50	2.67

Tableau n°21 : montre le poids spécifique du sondage SCC.

3. 3. Caractère mécanique

a. résistance au cisaillement

SN N°	Profondeur (m)	ϕ (°)	Cu (bar)	classification
SC 2*	11.30-11.70	04	0.01	Sol peu frottant très peu cohérent
SCC	10.00-10.50	05	0.37	Sol peu frottant cohérent
SCD	12.30-12.80	03	0.28	Sol peu frottant cohérent
SC E	5.00-5.60	03	0.22	Sol peu frottant cohérent

Tableau n°22 : les résultats de la résistance au cisaillement

b. Compression à l'Oedomètre

SN N°	Profondeur (m)	PC (bar)	Ce (bar)	Cg	classification
SC 2*	11.30-11.70	4.21	0.182	0.068	sol moyennement compressible gonflant
SCC	10.00-10.50	2.26	0.226	0.056	sol assez fortement compressible gonflant
SCD	12.30-12.80	1.10	0.242	0.049	sol assez fortement compressible peu gonflant
SC E	5.00-5.60	1.97	0.170	0.051	sol moyennement compressible peu gonflant

Tableau n°23 : les résultats de l'oedomètre des sondages du site d'Ain Tin

Pc : pression de compressibilité

Ce : coefficient de compressibilité

Cg : coefficient de gonflement

Conclusion :

L'analyse géologique à travers l'interprétation des coupes lithologiques a révélé ce qui suit :

Sur l'ensemble des sondages on peut noter qu'il s'agit d'un terrain généralement argileux à argilo-marneux avec la présence des blocs, galets et graviers, le tout est couvert par une terre végétale.

La présence des gypses est visible à l'œil nu.

Les essais de laboratoire réalisés révèlent des sols très denses, légèrement mouillés saturés plastiques à peu plastiques et à granulométrie fine dans l'ensemble des faciès.

C. Le site du Djebel Akhal (axe du Tunnel (SC7) et entrée Nord du Tunnel) et la sortie sud du tunnel Dj.Akhal – Sidi Khelifa

Les terrains sujets de cette étude sont le flanc Nord du Djebel Akhal et son axe. Le Djebel Akhal se situe dans la commune de Ain Tinn ; wilaya de Mila et les sondages carottés ont pour coordonnées Lambert approximatives les suivantes : (figure 31)

N°	SC N°	Profondeur (m)	X	Y	Z (m)
8	SC1*	75	796593.524	4032431.924	900.00
7	SC3*	25	796720.800	4032614.950	861.80
1	SC A	10	796772.060	4032685.860	828.50
32	SC1**	84	794542.50	4029514.30	971.90
33	SC2**	133	793782.62	4028433.88	916.00
34	SC7	95	796555.00	4032394.00	900.00

1- Description lithologique (figure 35)

Les coupes géologiques en révèlent la présence des formations suivantes :

N°	SC N°	profondeur (m)	Lithologie
2	SC1*	0-7	Marnes argileuse oxydée et friable brune a verdâtre
		7-70	Marne friable gypseuse avec des filon de calcites noir a grise
7	SC 3*	0-6.5	Argile graveleuse gypseuse brune
		6.5-25	Argile marneuse a marne argileuse gypseuse graveleuse de lit de Vin - trias-
1	SC A	0-03	Remblai
		03-3	Marne argileuse brune
		3-7.2	Marne gypseuse brune oxydée altérée
		7.2-10	Marne gypseuse compacte noire

Figure 35 (21) SC1*, SC3*-SCA-SC1**-SC2**-SC7

Suite Figure 35 (21 SC1*, SC3*-SCA-SC1**-SC2**-SC7

32	SC1**	0-0.4	Remblai
		0.4-2.6	Argile marneuse gypseuse brune
		2.6-52	Marne peu argileuse gypseuse compacte grise
		52-54	Marne oxydée friable de couleur lit de vin typique du trias
		54-66	Marne peu argileuse gypseuse compacte brune à grise
		66-84	Marne peu argileuse gypseuse compacte de couleur gris - clair
33	SC 2**	116-120	Calcaire de couleur blanchâtre
		120-133	Marne peu argileuse gypseuse compacte grise
34	SC 7	0.0-3.0	Argile brune
		03-3	Marne noire peu compacte
		3-7.2	Marno -calcaire noire compacte avec remplissage de calcite
		63.0-70.5	Calcaire très oxydé très altéré de couleur rouge
		70.5-80.8	Calcaire grisâtre avec remplissage de calcite et une altération de couleur verte
		80.8-85.0	Calcaire très oxydé et altéré de couleur rouge
		85.0-91.2	Calcaire grisâtre avec remplissage de calcite et une altération de couleur verte
		91.2-93.0	Calcaire grisâtre

Tableau 24 : description lithologique des sondages de site Djebel Lakhal – Sidi Khelifa

2. Essais de laboratoire

a. Essais physiques

Les échantillons prélevés de carottes de extrais des sondages carottés ont été soumis aux essais physiques suivant :

- Densité sèche et humide γ_d et γ_h
- Limite d'Atterberg W
- Analyse granulométrique et sédimentométrique

b. Essais mécaniques

1 .Essai de cisaillement à la boîte Casa grande :

- Cohésion apparente (Cu)
- Angle de frottement interne (ϕ°)

2 .Essais de compressibilité l'oedomètre :

- Coefficient de compressibilité (Cc)
- Coefficient de gonflement (Cg)
- Pression de consolidation (Pc)

3. Perméabilité (K)

4. Analyse chimique sommaire pour déterminé :

- Teneur en carbonates
- Teneur en gypses
- Teneur en insolubles

a. Caractère physique

1. Caractères d'identification

Les résultats ont groupé dans le tableau récapitulatif suivant :

SN N°	Profondeur (m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	W (%)	Sr (%)
SC 3**	12.60-13.00	1.78	2.1	18.46	99.63
SCA	6.70-7.00	1.76	2.09	19.03	99.28

Tableau 25 : caractère d'identification des sondages SC3, SCA**

- γ_d : densité sèche
- γ_h : densité humide
- Teneur en eau naturelle
- Sr : degré de saturation

- les valeurs de (γ_d) et (γ_h) d'un sol dense.
- L'état du sol vue la teneur en eau (W) est légèrement mouiller
- Le degré de saturation (Sr) indique un sol saturé.

2. Les limites d'Atterberg

SN N°	Profondeur (m)	WL (%)	WP (%)	Ip (%)	classification
SC1**	64-67	37.02	23.49	13.52	Sol peu plastique
SC3**	12.60-13	42.74	23.65	19.03	Sol plastique
SCA	6.70-7	44.25	26.53	17.71	Sol plastique
SC2**	129-133	61.54	30.76	30.77	Sol plastique

Tableau 26 : Résultats des limites d'Atterberg des sondages SC1, SC3**, SCA, SC2****

WI : limite de liquidité
 Wp : limite de plastique
 Ip : indice de plasticité

3. Analyse Granulométrique et Sédimentométrique

SN N°	Profondeur (m)	sable Gros (%)	sable Fin (%)	Limon (%)	Argile (%)	classification
SC2**	129-133	-	05	51	44	Sol fin

Tableau 27 : Résultats granulométrique et sédimentométrique SC2**

La granulométrie indique un sol fin.

b. Caractère mécaniques

1. Résistance au cisaillement

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau suivant :

SN N°	Profondeur (m)	ϕ (°)	Cu (bar)	classification
SCA	9.70-7.00	27	0.09	Sol frottant peu cohérent

Tableau 28 : Résultats de la résistances au cisaillement SCA

- ϕ ° : angle de frottement interne
- Cu : cohésion du sol

Les essais de cisaillement ont été annulés au niveau du SC3**, vu la nature desséché du matériau.

2. Compression à l'Oedomètre

SN N°	Profondeur (m)	PC (bar)	Ce (bar)	Cg	classification
SC3**	12.6-13.0	0.419	0.117	0.019	sol moyennement compressible peu gonflant

Tableau 29 : Résultats de compression à l'oedomètre du SC3**

Pc : pression de compression ou pression de consolidation
 Cg : coefficient de gonflement
 Cc : coefficient de compression

3. Compression simple

N°	SN N°	Profondeur (m)	Dimension (Cm)	Poids (Kg)	Charge (KN)	R/C (Jg/em ²)
1	SCA	6.7-7.0	9.7x18.0	2.9267	0.5	0.68
8	SC1**	75.5-75.7	18/9		45	71
8	SC1**	80.2-80.4	18/9		35	55
33	SC2**	119-119.4	16/8		70	139
33	SC2**	132.8-133	15/7.5		2	4.53

Tableau 30 : Résultats à la compression simple des sondages Dj. Akhal

Conclusion

La description lithologique du sondage SC7 a permis de mettre en évidence les formations suivantes :

- Une argile brunâtre sur une épaisseur de 3m.
- Une marne noirâtre peu compacte peut atteignant une épaisseur de 47m.
- Des marno-calcaires noirâtres compacte de 13m d'épaisseur avec des joints de calcite qui supposent qu'il y a une circulation des eaux dans cette formation.
- Des calcaires grisâtres, sur les quelles on constate une forte altération et une oxydation donnant une couleur rouge à cette formation (63-70.5m et 80.8-85m) qui suppose qu'il y a une zone de diacalse (fracture) où la circulation des fluides est riche en Fer, l'épaisseur de cette formation est de 28.2m.

Au de là 91m de profondeur on rencontre une formation calcaire saine.

Les sondages (SC1** et SC2**) sont interprétés comme suit :

- Le sondage SC1a révélé une formation marneuse épaisse de 81m couverte par une couche d'argile marneuse d'environ 2.6m.
- Le sondage SC2 étant destructif n'a révélé que les formations suivantes :
 - De 116 à 120m une formation de calcaire dur de couleur blanchâtre.
 - De 120 à 133m une formation de marne argileuse gypseuse grise.

A l'exception de la couche calcaire intercalaire du SC2la formation marneuse de se dernier est similaire à celle de SC1.

La présence du Trias dans le SC1 (52-54) est l'indice d'une zone de faiblesse qui peut être attribuée à une anomalie d'origine tectonique.

Le sondage SC1** a révélé une formation marneuse sur une épaisseur de 63m surmonté par une marne argileuse d'environ 7m d'épaisseur.

Le sondage SC3** a révélé une formation différente de SC1**, il présente une formation argileu-marneuse à marneu-argileuse de couleur de lit de vin typique du Trias.

Le sondage SCA adonné une formation généralement marneuse surmontée par une petite couche de remblai.

De ce fait, on note que la formation du sondage SC3** (typique du Trias) vienne interrompre la continuité des terrains entre le sondage SC1** et le SCA , cette disposition peut être attribué à une anomalie d'origine tectonique .

D. Le site du Tunnel Krennenou ; sondages LMOPQ et SQ1, SQ2, SQ3, SQ4, SQ5, SQ6, SQ7.

*** Sondages LMOPQ**

Les terrains, abordés dans l'étude se situent au niveau de Djebel Krénénou (figure 32), entre Azzaba Lotfi et Grarrem ; wilaya de Mila ; et les sondages carottés ont pour coordonnées Lambert approximatives suivantes :

N°	SC N°	Profondeur (m)	X	Y	Z
14	SC L	25	796774.00	4039523.00	441.10
17	SC M	25	796845.00	4039424.00	456.27
16	SC N	25	796944.00	4039457.00	457.16
18	SC O	87	797178.78	4038902.11	546.31
20	SC P	15	797374.00	4038620.00	474.35
19	SC Q	45	797316.00	4038712.00	500.20

III. 1. Description lithologique (figure 36)

Les coupes géologiques ont révélée la présence des formations suivantes (figure 36)

SC N°	Profondeur (m)	Lithologie
SC L	0.0 – 0.3	Terre végétale
	0.3 – 5.0	Argile sableuse brune
	5.0 – 6.5	Marne peu argileuse gypseuse
	6.5 – 8.8	Marne sableuse
	8.8 – 10.0	Sable compacte
	10.0 – 11.8	Marne peu argileuse peu sableuse gypseuse
	11.8 – 13.4	Marne compacte
	13.4 – 15.6	Marne argileuse gypseuse
	15.6 – 16.0	Marne gypseuse compacte
	16.0 – 18.8	Argile marneuse gypseuse
	18.8 – 22.0	Marne sableuse compacte
22.0 – 25.0	Marne gypseuse peu limoneuse	
SC M	0.0 – 0.4	Terre végétale
	0.4 – 6.6	Argile marneuse limoneuse gypseuse
	6.6 – 13.0	Marne compacte gypseuse
	13.0 – 15.0	Sable marneux compacte
	15.0 – 15.6	Marne peu argileuse
	15.6 – 17.55	Sable argileux compacte
	17.55 – 17.75	Marne peu compacte
	17.75 – 20.4	Sable marneux compacte
	20.4 – 25.0	Marne argileuse limoneuse

FIG 22 : KERNENOU- fig 36a

SC N°	Profondeur (m)	lithologie
SC N	0.0 -0.4	Terre végétale
	0.4 – 4.4	Argile gypseuse
	4.4 – 20.0	Marne peu argileuse gypseuse
	20.0 – 25.0	Marne sableuse gypseuse
SC O	0.0 – 6.0	Sable compacte
	6.0 – 12.0	Marne sableuse limoneuse a passage de blocs
	12.0 – 18.0	Marne argileuse
	18.0 – 87.0	Marne gypseuse compacte
SC P	0.0 – 0.3	Terre végétale
	0.3 – 0.8	Argile gypseuse peu marneuse
	0.8 – 7.0	Marne argileuse gypseuse
	7.0 – 15.0	Marne peu argileuse gypseuse
SC Q	0.0 – 1.2	Argile peu marneuse gypseuse
	1.2 – 3.9	Marne argileuse gypseuse
	3.9 – 4.9	Marne compacte
	4.9 – 8.2	Marne argileuse gypseuse
	8.2 – 8.6	Marne compacte
	8.6 – 14.45	Marne argileuse gypseuse
	14.45 – 20.0	Marne compacte gypseuse
	20.0 – 45.0	Marne peu argileuse gypseuse

Tableau N° 31 : description lithologique des sondages L, M, N, O, P, Q.

On note la présence de plans de cisaillements (glissements) dans le sondage SC O entre 70 – 71m et 75 – 76m, ces plans sont aussi présents dans le sondage SC Q entre 12 – 13m. Ces glissements sont favorisé par du gypse de couleur lit de vin indiquant le **Trias**.

SUITE FIG 22 KERNENOU – fig 36b

1.2. Essais de laboratoire

a. Essais physiques (tableau n°32)

Les échantillons extraits des sondages carottés ont été soumis aux essais physiques suivants :

- Densité sèche (γ_d) et humide (γ_h).
- Teneur en eau w.
- Degré de saturation Sr.

b. Essais mécaniques

- 1- Essai de cisaillement à la boîte de Casagrande pour déterminer (tableau n°33) :
 - La cohésion apparente (C_u).
 - L'angle de frottement interne (φ°).
- 2- Résistance à la compression simple (tableau n°34).

a. Caractéristiques physique (tableau n° 32)

a.1. Caractères d'identification

SC N°	Profondeur (m)	γ_d (t/m^3)	γ_h (t/m^3)	W (%)	Sr (%)
SC L	5.00 – 5.40	1.78	2.10	18.45	99.97
	12.0 - 12.45	2.05	2.25	10.50	95.14
	20.0 – 20.4	1.95	2.22	13.62	99.47
	24.0 – 24.4	1.96	2.21	13.39	99.99
SC M	6.25 – 6.60	1.88	2.16	15.11	96.72
	11.3 – 11.6	2.04	2.25	9.57	84.96
	17.1 – 17.5	2.01	2.25	12.00	99.74
	22.6 – 23.0	2.04	2.25	11.22	99.90
SC N	6.10 – 6.40	2.02	2.22	10.19	87.02
	11.6 – 12.0	1.74	2.03	17.16	88.47
	17.4 – 17.7	2.05	2.25	10.89	98.44
	23.0 – 23.4	2.10	2.31	10.02	99.85
SC O	77.4 – 77.9	1.96	2.22	13.22	99.87
	82.0 – 82.45	1.85	2.14	16.02	97.96
	85.0 – 85.4	1.97	2.25	14.19	99.90
SC P	3.7 – 4.0	1.59	1.99	25.26	99.86

	6.15 – 6.70	1.82	2.13	17.21	99.89
	9.20 – 9.45	1.80	2.12	17.93	99.89
SC Q	22.0 – 22.5	1.84	2.14	16.63	99.84
	28.6 – 29.0	1.91	2.19	14.68	99.95
	34.2 – 34.5	1.96	2.21	12.88	97.24

Tableau n° 32: les caractères d'identification des sondages L, M, N, O, P, Q.

γ_d : densité sèche

γ_h : densité humide

W : teneur en eau naturelle

Sr : degré de saturation

- les valeurs de (γ_d) et (γ_h) témoignent d'un sol très dense.
- L'état du sol vue la teneur en eau (W) est légèrement mouiller.
- Le degré de saturation (Sr) indique un sol saturation

b. Caractéristiques mécaniques

b.1. Résistance au cisaillement (tableau n°33)

SC N°	Profondeur (m)	φ (°)	Cu (bar)	Classification
SC L	5.00 - 5.40	07	0.31	Sol peu frottant cohérent
	12.0 – 12.45	-	-	-
	20.0 – 20.4	07	01	Sol peu frottant cohérent
	24.0 – 24.4	-	-	-
SC M	6.25 – 6.60	-	-	-
	11.3 – 11.6	-	-	-
	17.1 – 17.5	-	-	-
	22.6 – 23.0	-	-	-
SC N	6.10 – 6.40	-	-	-
	11.6 – 12.0	07	1.2	Sol peu frottant cohérent
	17.4 – 17.7	-	-	-
	23.0 – 23.4	-	-	-

SC N°	Profondeur (m)	φ (°)	Cu (bar)	Classification
SC O	77.4 – 77.9	-	-	-
	82.0 – 82.45	14	0.21	Sol peu frottant cohérent
	85.0 - 85.4	21	0.13	Sol peu frottant peu cohérent
SC P	3.7 – 4.0	02	0.18	Sol très peu frottant cohérent
	6.15 – 6.70	09	0.54	Sol peu frottant cohérent
	9.20 – 9.45	21	0.15	Sol peu frottant peu cohérent
SC Q	22.0 – 22.5	09	0.65	Sol peu frottant cohérent
	28.6 – 29.0	-	-	-
	34.2 – 34.5	-	-	-

Tableau n° 33 : la résistance au cisaillement des sondages L, M, N, O, P, Q
La nature géologique (marne très compacte) des différents sondages ou les essais n'ont pu être réalisés, ne permet pas de réaliser ce type d'essai.

b. 2. Résistance à la compression simple (tableau n°33)

SC N°	Profondeur (m)	Dimension (cm)	Charge (KN)	R/C (Kg/cm ²)
SC L	5.00 – 5.40	8/16	4	8.0
	12.0 – 12.45	8/15	9	18.0
	20.0 – 20.4	8/16	10.5	21.0
	24.0 – 24.4	8/15	5.5	11.0
SC M	6.25 – 6.60	8/13	10.5	21.0
	11.3 – 11.6	8/14	4	8.0
	17.1 – 17.5	8/14.5	7.5	15.0
	22.6 – 23.0	8/16	6	12.0
SC N	6.10 – 6.40	8/15	3	6.0
	11.6 – 12.0	8/16	6.5	13.0
	17.4 - -17.7	8/15	7	14.0
	23.0 – 23.4	7.5/15	8.5	19.0
SC O	77.4 – 77.9	7/12	4.5	11.0
	82.0 – 82.45	7/14	3	8.0
	85.0 – 85.4	6.5/12	1.5	5.0
SC P	3.7 – 4.0	9/14	3	4.0
	6.15 – 6.70	8.5/17	2	4.0
	9.20 – 9.45	9/14	5	7.0
SC Q	22.0 – 22.5	7/14	4.5	12.0
	28.6 – 29.0	7/14	4.5	12.0
	34.2 – 34.5	7/12	5.5	14.0

Tableau n° 34 : les résultats à la compression simple des sondages L, M, N, O, P, Q

*** Le site de Krenenou sondages SQ1, SQ2, SQ3, SQ4, SQ5, SQ6, SQ7**

Le site de Krenenou est situé près de Djebel Akhal, exactement à Ain Tin. Il est caractérisé par un glissement important où sont réalisés plusieurs sondages carottés.

Les sondages carottés ont été implantés conformément aux coordonnées Lambert suivants : (Figure 31)

N°	Réf sondages	Profondeur (m)	Coordonnées Lambert		
			X	Y	Z
22	SQ1	30	796583	4039655	452.70
23	SQ2	25	796650	4039700	434.85
24	SQ3	30	796758	4039733	414.26
25	SQ4	30	796955	4039676	415.06
26	SQ5	20	796835	4039600	423.53
27	SQ6	30	796882	4039426	460.89
28	SQ7	40	-	-	-

Les échantillons récupérés à partir des sondages carottés sont paraffinés et acheminés au laboratoire géotechnique des travaux publics de l'Est Annaba, où ont été réalisés les différents essais physiques, d'identification et les essais mécaniques.

a. Essais physiques

Densité sèche et densité humide		Teneur en eau	Degré de saturation	Limite d'Atterberg	
D.s	Dh			WL	IP
1.58t/m3 2.25t/m3	- 1.97-2.40t/m3	55 -25.4% Humide	99%	34 -61	12 -33

Tableau N° 35 : résultats des essais physiques SQ1 SQ2 SQ3 SQ4 SQ5 SQ6

b. Essais mécaniques

Essais de cisaillement		Essais oedométriques			Essais de gonflement libre §ng (Kpa)
C	Ø	Pc	Cc	Cg	
0.20 - 0.34	12 - 19	0.46- 0.100	0.130 - 0.234	0.057 - 0.069	0.0400 -0.0450

Tableau N° 36 : résultats des essais mécaniques SQ1 SQ2 SQ3 SQ4 SQ5 SQ6

c. Essais chimiques

1.81% < CaSO4 ; H2O < 6.73 %

* Le Site « le bassin tampon » ; à proximité du tunnel Ain – Tin (Dj . Akhal)

N°	Réf sondages	Profondeur (m)	Coordonnées		
			X	Y	Z
35	BT1	45	796735	4033046	848
36	BT2	45	796778	4032982	843
37	BT3	30	796702	4032862	850
38	BT4	30			880
39	BT5	40	-----	-----	-----

a. Essais au laboratoire

a.1. Essais physiques

Densité sèche et humide		Teneur en eau	Limite d'Atherberg		Degré de saturation
D.S	D.H		WL	IP	
1.54 –1.96t/m3	1.90-2.22t/m3	7.4%-29.3%	38%-62%	17%-36%	38-100%

Tableau N° 37 : essais physique des sondages BT1 BT2 BT3 BT4 BT5

WL : limite de liquidité

IP : indice de plasticité

a.2. Essais mécaniques

Essai de cisaillement C(MPQ)	$\varphi(^{\circ})$	Essai Oedométrique			Essai de gonflement $\xi_{ng}(kpa)$
		Pc	Cc	Cg	
0.05-0.2	9-16	0.006-0.09	0.0203-0.0291	0.008-0.01	0.00168-0.035

Tableau N° 38: essais mécanique des sondages BT1 BT2 BT3 BT4 BT5

Pc : pression de consolidation

Cc ou Ct : coefficient de compression lité ou de tassement

Cg : coefficient de gonflement

Conclusions :

Les sondages carottés au niveau du site Krenenou sont réalisés par le laboratoire L.T.P d'Annaba et le laboratoire L.T.P de Constantine, fournissent presque les mêmes résultats ; pour cela, on donne une seule description lithologique du site de Krennenou.

Au niveau des sondages L.M.N (laboratoire de Constantine) on distingue une certaine homogénéité. Ces sondages débutent par une argile marneuse, gypseuse et sableuse de 5 à 7m.

Au dessous de cette formation et jusqu'à 25m de profondeur on note une alternance entre des marnes argileuses gypseuses et des marnes limoneuse sableuses gypseuses. Cette alternance est interrompue par des passages de sable compact (grés) bien visible dans le sondage M.

Concernant les sondages O.P.Q et à l'exception du sondage O (figure) qui débutent par un sable compact, ces derniers et sur toute leur profondeur présentent la même formation de marne argileuse gypseuse et de marne gypseuse compacte. Au niveau de tous les sondages, la présence des gypses est observable à l'œil nu.

Les résultats de laboratoire des travaux publics d'Annaba confirment les observations de terrains et du laboratoire des travaux publics de Constantine.

E. Le site de la station Anti-coupe de Blier (sondage F, G, H, I) :Azzaba Lotfi et Grarrem

1. Situation

Le site des terrains, étudiés se situe entre Azzaba Lotfi et Garrem ; wilaya de Mila ; et les sondages carottés ont pour coordonnées Lambert approximatives les suivantes : (Figure 31)

N°	SC N°	Profondeur (m)	X	Y	Z
29	SC F	15	796706.22	4043574.27	218.00
30	SC G	20	796685.34	4034552.32	222.50
9	SC H	26	796050.87	4041444.73	452.00
10	SC I	25	796054.89	4041049.61	465.00

2. Description lithologique (figure n°37)

Les sondages ont révélée la présence des formations suivantes : (figure 37)

SC N°	Profondeur (m)	Lithologie
SC F	0 – 0.3	Remblai
	0.3 – 1.9	Argile marneuse graveleuse rouge
	1.9 – 2.9	Argile sableuse peu marneuse rouge
	2.9 – 5.0	Argile sableuse peu marneuse brune
	5 – 11.0	Galets et graviers à matrice sableuse
	11.8 – 15.0	Argile marneuse rouge
SC G	0 – 0.2	Terre végétale
	0.2 – 6.4	Argile marneuse graveleuse rouge à concrétion calcaire
	6.4 – 18.8	Blocs galets et graviers à matrice sableuse
	18.8 – 20.0	Argile marneuse rouge
SC H	0 – 3.4	Argile marneuse brune
	3.4 – 18.2	Marne argilo-limoneuse très compacte avec des passages sableux
	18.2 – 22.0	Marne argileuse brune
	22.0 – 26.0	Marne limoneuse très compacte brune
SC I	0 – 2.6	Argile marneuse peu limoneuse rouge
	2.5 – 6.0	Marne argilo-limoneuse rouge
	6.0 – 7.0	Marne limoneuse compacte grise
	7.0 – 11.40	Marne peu argileuse compacte rouge
	11.4 – 17.5	Marne limono-sableuse compacte rouge
	17. – 19.0	Marne compacte rouge
	19.0 – 24.1	Marne sablo-limoneuse rouge
	24.1 – 25.0	Marne argileuse brune

Tableau 39 : description lithologique des sondages FGIH

FIG 23 F-G-H-I (37)

3. Essais de laboratoire

a. Essais physiques (voir tableau n°40)

Les échantillons extraits des sondages carottés ont été soumis aux essais physiques suivants :

a.1. caractères d'identifications

- Densité sèche et humide . γ_d et γ_h
- Teneur en eau.
- Degré de saturation

b. Essais mécaniques

Essai de cisaillement à la boîte de Casagrande pour déterminer ; (voir tableau n°41)

- La cohésion apparente (C_u) .
- L'angle de frottement (ϕ°).
- Résistance à la compression simple (tableau n°42).

a. Caractéristiques physiques (tableau n°40)

1. Caractères d'Identification

SC N°	Profondeur (m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	W (%)	Sr (%)
SC F	12.5 -13.2	1.82	2.13	17.14	99.91
SC G	5.10 -5.50	1.79	2.08	16.74	92.16
SC H	9.7 – 10.2	2.07	2.29	10.46	99.63
	13.5 – 13.80	2.08	2.27	9.49	90.82
SC I	6.0 – 6.30	2.16	2.30	6.52	76.30
	18.5 – 19.0	2.19	2.37	7.88	99.86
	24.5 – 24.75	1.97	2.22	13.19	99.91

Tableau n°40 : les caractères d'identifications des sondages de la station Anti-coupe de Béliér F, G, H,

γ_d : densité sèche

γ_h : densité humide

W : teneur en eau naturelle

Sr : degré de saturation

- les valeurs de (γ_d) et (γ_h) témoignent d'un sol très dense.
- L'état du sol vue la teneur en eau (W) est légèrement mouillé.
- Le degré de saturation (Sr) indique un sol saturé.

b. Caractéristiques mécaniques

b.1. Résistance au cisaillement (tableau n°40)

SC N°	Profondeur (m)	$\phi(^{\circ})$	Cu (bar)	Classification
SC F	12.5 -13.2	12	0.56	Sol peu frottant cohérent
SC G	5.10 -5.50	10	0.46	Sol peu frottant cohérent
SC H	9.7 – 10.2	-	-	-
	13.5 – 13.80	-	-	-
SC I	6.0 – 6.30	-	-	-
	18.5 – 19.0	-	-	-
	24.5 – 24.75	19	0	Sol frottant non cohérent

Tableau n°41: les résultats à la résistance de cisaillement des sondages ;F, G, H, I

La nature géologique (marne très compacte) des sondages H et I ou les essais n'ont pu être réalisés, ne permet de réaliser ce type d'essai.

Lors de la mise en saturation du troisième échantillon du sondage I, celui-ci a perdu ces caractères.

b. 2. Résistance à la compression simple (tableau n°39)

SC N°	Profondeur (m)	Dimension (cm)	Charge (KN)	R/C (Kg/cm ²)
SC F	12.5 -13.2	16/8	4.5	09
SC G	5.10 -5.50	13.8/9	20	29
SC H	9.7 – 10.2	18/9	13	20
	13.5 – 13.80	16/9.5	12	19
SC I	6.0 – 6.30	13.5/9	15	22
	18.5 – 19.0	18.8/9.4	16	23
	24.5 – 24.75	11/8	3	5

Tableau n° 42 : les résultats de la résistance à la compression simple des sondages ; F, G, H, I

Conclusion

L'interprétation géologique à travers les coupes lithologiques a révélé ce qui suit :

Les sondages F et G, débutent par une argile marneuse graveleuse par fois sableuse épaisse de 6m. Au-dessous de cette formation on distingue un passage représenté par des blocs, galets et graviers à matrice sableuse d'environ 10m. Ce passage repose sur une formation d'argile marneuse rouge de 3m d'épaisseur environ.

Au niveau du sondage H et au dessous d'une formation d'argile marneuse épaisse de 3.5m, on rencontre tout au long du sondage une formation de marne argilo-limoneuse compacte présentant des passages sableux de 6.5 à 8m et de 14 à 17.7m.

Le sondage I débute par des argiles marneuses peu limoneuses de 2.6m d'épaisseur puis présente une alternance entre des marnes limoneuses compacte et des marnes peu argileuses compactes.

F. Site de la future décharge intercommunale : Sidi Merouane – Zeghia

1. Situation et géologie du site

Le terrain d'étude se situe dans la commune de Sidi Merouane. Il est constitué de formations d'âge miocène supérieur, comprenant une série molassique avec poudingues, de brèches continentales localement calcaires non différenciées à Hélicidés, lentilles de gypse dans la série molassique (carte géologique de Sidi Merouane au 1/50000 feuille N°-50 – B-4 ; C-25).

Les sondages carottés ont pour coordonnées Lambert approximatives :

N°	SC N°	X	Y	Z
	SC 1+	3045	9865	366.5
	SC 2+	5135	9875	349
	SC 3+	5250	9865	341.5
	SC 4+	5355	9856	329.5

2. Description lithologique (figure 38)

sondage	Profondeur (m)	Lithologie
SC1+	0.00 - 0.40	Terre végétale
	0.40 - 1.00	Argile marneuse rouge
	1.00 - 5.20	Argile marneuse brune à rouge oxydée par endroit
	5.20 - 10.0	Argile marneuse limoneuse rouge
SC2+	0.00 - 0.40	Terre végétale
	0.40 - 2.40	Argile marneuse brune rouge
	2.40 - 10.0	Argile marneuse brune à rouge oxydée
SC3+	0.00 - 0.40	Terre végétale
	0.40 - 4.00	Argile marneuse rouge
	4.00 - 8.50	Argile marneuse oxydée brune à rouge
	8.50 - 10.0	Marne argileux peu gypseux rouge
SC4+	0.00 - 0.30	Terre végétale
	0.30 - 1.60	Argile peu marneuse brune
	1.60 - 6.00	Argile marneuse peu graveleuse oxydée
	6.00 - 10.0	Argile marneuse gypseuse oxydée

3. Essais de laboratoire

Les échantillons prélevés des sondages carottés ont été soumis aux essais physiques et mécaniques suivants :

a. Essais physiques

- Densité et teneur en eau γ_d et γ_h (voir tableau n°43)
- Limite d'Atterberg W (voir tableau n°44)
- Granulométrie et sédimentométrie.

Fig 38 SC1+-SC2+SC3+-SC4+

b. Essais mécaniques

b.1. Essai de cisaillement :(tableau n°46)

- La cohésion (C_u) .
- L'angle de frottement interne.

b.2. Essai de compressibilité à l'Eodomètre pour déterminer : (tableau n°47)

- L'indice de compressibilité (C_c).
- L'indice de gonflement (C_g).
- La pression de consolidation (P_c).

a. Caractères physique (tableau n°43)

a. 1. Caractères d'identification

Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau récapitulatif suivant :

SC N°	Profondeur (m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	W (%)	Sr (%)
SC1+	03.00 – 03.40	01.68	02.02	21.09	97.14
SC2+	05.30 – 05.60	01.64	02.02	23.23	99.61
SC3+	06.00 – 06.50	01.61	01.99	24.12	99.48
SC4+	07.40 – 08.00	01.53	01.97	27.73	99.79

Tableau N° 43 : résultats des caractères d'identifications SC1+ SC2+ SC3+ SC4+

γ_d : densité sèche

γ_h : densité humide

W : teneur en eau

Sr : degré de saturation

- les valeurs de (γ_d) et (γ_h) témoignent d'un sol dense.
- la teneur en eau (W) révèle un sol mouillé à humide.
- Le degré de saturation (Sr) indique un sol saturé.

a. 2. Les limites d'Atterberg (tableau n°44)

SC N°	Profondeur (m)	WL (%)	Wp (%)	Ip (%)	Classification
SC1+	03.00 – 03.40	52.03	23.81	28.22	Sol peu plastique
SC2+	05.30 – 05.60	70.30	31.57	38.73	Sol plastique
SC3+	06.00 – 06.50	70.06	34.23	35.82	Sol plastique
SC4+	07.40 – 08.00	67.23	29.15	38.08	Sol plastique

Tableau N° 44 : résultats des limites d'Atterberg SC1+ SC2+ SC3+ SC4+

WI : limite de liquidité

Wp : limite de plasticité

Ip : indice de plasticité

a.3. L'analyse granulométrique (tableau n°45)

SC N°	Profondeur (m)	Cailloux (%)	Graviers (%)	Sable fin (%)	< 0.080 μ (%)	Classification
SC1+	03.00 – 03.40	-	-	-	100	Argile marneuse
SC2+	05.30 – 05.60	-	-	-	100	Argile marneuse
SC3+	06.00 – 06.50	-	-	-	100	Argile marneuse
SC4+	07.40 – 08.00	-	-	-	100	Argile marneuse

Tableau n°45 : analyse granulométrique des sondages du site de la future décharge intercommunale Sidi Merouane-Zeghia

La granulométrie indique un sol fin, confirmant ainsi la nature argileuse dominante du terrain étudié.

b. Caractères mécaniques

b.1. Résistance au cisaillement

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau suivant :

SC N°	Profondeur (m)	ϕ (°)	Cu (bar)	Classification
SC1+	03.00 – 03.40	17	0.08	Sol frottant peu cohérent
SC2+	05.30 – 05.60	0.0	0.15	Sol cohérent
SC3+	06.00 – 06.50	-	-	-
SC4+	07.40 – 08.00	20	0.08	Sol frottant peu cohérent

Tableau n°46 : les résultats de la résistance au cisaillement des sondages SC1+, SC2+, SC3+, SC4 +

ϕ (°) : angle de frottement interne

Cu : cohésion du sol

- Les essais de cisaillement ont été annulé au niveau u SC3+, vu la nature graveleuse du matériau.

b.2. Compression à l'Odomètre (tableau n°47)

SC N°	Profondeur (m)	Pc (bar)	Cc	Cg	Classification
SC1+	03.00 – 03.40	0.660	0.166	0.51	Sol moyennement compressible gonflant
SC2+	05.30 – 05.60	1.280	0.168	0.04	Sol moyennement compressible peu gonflant
SC3+	06.00 – 06.50	0.740	0.197	0.095	Sol moyennement compressible gonflant
SC4+	07.40 – 08.00	1.710	0.162	0.040	Sol moyennement compressible peu gonflant

Tableau n°47: les résultats à la compression à l'Oedomètre des sondages SC1+, SC2+, SC3+, SC4+

Pc : pression de compression

Cc : coefficient de gonflement

Cg : coefficient de compression

b.3. Coefficient de perméabilité (tableau n°48)

SC N°	Profondeur (m)	Teneur en Eau naturelle (%)	Pression de chargement (bars)	Coefficient de perméabilité k (cm/s)	Classification
SC1+	03.00 – 03.40	22.90	0.581	18.65×10^{-7}	Argile marneuse
SC2+	05.30 – 05.60	27.30	4.018	3.80×10^{-8}	Argile marneuse
SC3+	06.00 – 06.50	26.60	2.018	5.00×10^{-9}	Argile marneuse
SC4+	07.40 – 08.00	29.30	1.232	8.66×10^{-10}	Argile marneuse

Tableau n°48 : représente les résultats de la résistance au cisaillement des sondages SC1+, SC2+, SC3+, SC4

b.4. caractères chimiques (tableau n°49)

Les échantillons soumis à une analyse chimique sommaire ont révèlè les résultats présent au tableau suivant :

SC N°	Profondeur (m)	Teneurs exprimées en pourcentage de poids par rapport aux matériaux secs		
		% insolubles	% carbonates	% Gypse
SC1+	02.60 - 03.00	75.30	23.62	traces
SC2+	02.00 - 02.70	75.70	22.83	traces
SC3+	03.00 - 03.20	68.10	29.92	traces
SC4+	02.00 - 02.30	65.50	27.56	traces

Tableau n°49 : les résultats des analyses chimiques des sondages SC1+, SC2+ SC3+, SC 4+

- l'analyse chimique montre que le sol est argileux marneux.
- la présence du gypse témoigne d'un sol agressif au niveau du SC4+.

Conclusion :

Les sondages de cette zone sont caractérisés par une faible profondeur ne dépassant pas les 10m.

Le terrain est réservé pour la réalisation de la future décharge intercommunale de Sidi Merouane et Zeghia wilaya de Mila. Il est constitué essentiellement de couches argilo-marneuses gypseuses au niveau de SC4.

G. Site de la Conduite de transfert Beni – Haroune

1. Introduction

En date du 24/01/2004, le L.T.P/EST, direction régionale de Constantine, a été chargé de l'étude géotechnique des terrains traversés par la conduite de transfert de Beni Haroun Wilaya de Mila .

2. Organisation de la reconnaissance

a. Sur site

Le L.T. P. Est de Constantine a procédé à l'exécution de six (06) sondages carottés qui se présentent comme suit : (SC1*, SC2*, SC3*, SC4*, SC5*, SC6*) de profondeur varie de 15 à 20 m

* Situation topographique

SN N°	Profondeur (m)	Coordonnées Lambert
SC 1*	15	X= 4 040 130,84 Y= 796 362,33 Z=408,78
SC 2*	15	X= 4 039 770,30 Y= 796 646,21 Z=421,41
SC 3*	15	X= 4 039 605,22 Y= 796 744,10 Z=427,59
SC 4*	20	X= 4 039 507,63 Y= 796 999,72 Z=445,35
SC 5*	15	X= 4 036 228,54 Y= 797 122,57 Z=456,80
SC 6*	15	X= 4 036 672,37 Y= 796 319,18 Z=611,10

3. Description lithologique (figure 39)

sondage	Profondeur (m)	Lithologie
SC1*	0.00 - 0.60	Terre végétale
	0.60 - 3.20	Marne argileuse gypseuse
	3.20 - 4.00	Marne argileuse peu gypseuse
	4.00 - 12.65	Marne peu argileuse gypseuse oxydée dure
	12.65 - 13.50	Marne argileuse gypseuse
	13.50 - 15.00	Marne gypseuse oxydée dure
SC2*	0.00 - 0.40	Terre végétale
	0.40 - 6.80	Argile marneuse peu gypseuse brune
	6.80 - 9.20	marne peu argileuse gypseuse oxydée friable
	9.20 - 12.20	Marne limoneuse gypseuse compacte
	12.00 - 12.20	Marne sableuse gypseuse
	12.20 - 12.60	Marne limoneuse peu gypseuse

	12.60 - 13.00	Limon marneux peu argileux brun
	13.00 - 14.00	marne limoneuse gypseuse oxydée compacte
	14.00 - 14.25	Marne sableuse grise
	14.25 - 15.00	marne limoneuse gypseuse compacte brune
SC3*	0.00 - 0.70	Terre végétale
	0.70 - 3.30	argile limoneuse peu gypseuse brune
	3.30 - 4.40	Marne argileuse peu oxydée brune
	4.40 - 4.60	Marne limoneuse friable
	4.60 - 7.00	Marne gypseuse oxydée compacte grise
	7.00 - 9.80	Marne limoneuse gypseuse compacte
	9.80 - 10.10	Sable marneux compact
	10.10 - 10.70	Marne limoneuse gypseuse compacte
	10.70 - 11.50	Sable marneux gypseux compact
	11.50 - 11.70	Marne limoneuse sableuse friable
	11.70 - 13.40	Sable marneux peu gypseux compact gris
	13.40 - 15.00	Marne argileuse gypseuse friable brune
SC4*	0.00 - 0.10	Terre végétale
	0.10 - 8.80	Argile marneuse rougeâtre
	8.80 - 9.60	Marne argileuse rougeâtre
	9.60 - 11.00	Marne peu argileuse grise
	11.00 - 14.40	Marne peu gypseuse grise compacte
	14.40 - 15.20	Marne argileuse peu limoneuse gypseuse compacte
	15.20 - 16.10	Argile marneuse brune
	16.10 - 17.00	Marne limoneuse gypseuse brune
17.00 - 20.00	Sable marneux argileux gypseux compact gris	
SC5*	0.00 - 0.20	Terre végétale
	0.20 - 4.20	Argile brune
	4.20 - 5.00	Argile marneuse brune
	5.00 - 7.00	Marne argileuse peu gypseuse brune
	7.00 - 9.00	Marne argileuse graveleuse gypseuse
	9.00 - 15.00	Marne argileuse gypseuse
SC6*	0.00 - 2.00	Remblais
	2.00 - 11.80	Argile graveleuse a concrétion calcaire peu marneuse oxydée brune
	11.80 - 15.00	Marne argileuse gypseuse oxydée grise

Tableau 50 : description lithologique des sondages SC1* SC2* SC3* SC4* SC5* SC6*

4. Essais de laboratoire

Les échantillons prélevés des sondages ont été soumis aux différents essais physico-mécaniques établis selon le programme de la Societa Italiana Per Condotte d'Acqua.

5. Résultats et interprétation des essais de laboratoire

Les essais de laboratoire réalisés sur les échantillons paraffinés ont été établis selon le programme de la Societa Italiana Per Condotte d'Acqua .

a. Caractères physiques

a.1. Essais d'identification

SN N°	Profondeur (m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	W (%)	Sr (%)
SC1*	03.60-03.90	02.05	01.70	21.12	99.68
	09.00-09.50	02.24	01.99	2.59	99.84
	12.65-13.00	02.18	01.89	15.14	99.85
SC2*	03.50-04.00	02.04	01.68	21.43	98.93
	08.70-09.20	02.15	01.85	16.19	99.09
	14.50-14.90	02.22	01.98	12.07	95.09
SC3*	07.50-08.00	02.20	01.93	14.21	99.98
	11.10-11.50	02.36	02.23	05.56	78.16
	14.50-15.00	02.24	01.99	12.45	99.93
SC4*	05.00-5.50	02.18	01.90	14.93	99.53
	08.00-08.50	02.05	01.70	21.03	99.69
	10.60-11.00	02.07	01.73	19.84	98.58
SC5*	05.50-06.00	01.94	01.51	28.31	99.70
	08.20-08.60	02.05	01.69	21.40	99.95
	11.00-11.40	02.04	01.69	21.36	98.95
SC6*	03.50-03.80	02.07	01.73	20.26	99.98
	05.00-05.40	02.09	01.77	18.13	96.55
	09.00-09.50	02.15	01.85	16.32	99.99
	11.00-11.40	02.09	01.76	18.85	98.33

Tableau n°51: les résultats des caractères d'identification du site de Beni Haroun

- les valeurs de la densité sèche (γ_h), et de la densité humide (γ_d) témoignent d'un sol très dense.
- Vu la teneur naturelle en eau (W) l'état du sol est légèrement mouillé.
- Les valeurs du degré de saturation (Sr) indiquent un sol saturé.

a.2. Limites d'Atterberg

SN N°	Profondeur (m)	WL (%)	WP (%)	Ip (%)	classification
SC 1*	03.60-03.90	62.53	30.39	32.14	Sol plastique
	06.00-06.50	59.83	26.18	33.64	Sol plastique
	09.00-09.50	58.69	30.3	28.26	Sol plastique
	12.65-13.00	53.70	25.90	27.80	Sol plastique
SC2*	03.50-04.00	54.70	22.49	32.20	Sol plastique
	08.70-09.20	69.35	27.51	41.84	Sol plastique
	14.50-14.90	41.79	19.31	22.48	Sol plastique
SC3*	07.50-08.00	45.90	23.45	22.44	Sol plastique
	11.10-11.50	36.52	18.25	18.27	Sol plastique
	14.50-15.00	50.93	25.51	25.41	Sol plastique

SC 4 *	05.00-5.50	34.02	13.83	20.19	Sol plastique
	08.00-08.50	53.32	24.59	28.72	Sol plastique
	10.60-11.00	56.12	22.44	33.68	Sol plastique
SC5**	05.50-06.00	66.45	35.44	31.00	Sol plastique
	08.20-08.60	63.85	26.37	37.48	Sol plastique
	11.00-11.40	69.08	30.16	38.92	Sol plastique
SC6*	03.50-03.80	61.68	27.60	34.08	Sol plastique
	05.00-05.40	59.21	25.66	33.54	Sol plastique
	09.00-09.50	54.47	23.23	31.23	Sol plastique
	11.00-11.40	48.99	23.04	25.95	Sol plastique

Tableau n° 52 : montre les résultats de la limite d'Atterberg des sondages du site de Ben Haroun

WL : limite de liquidité

Wp : limite de Plasticité

Ip : indice de plasticité

a.3. Analyse Granulométrique et Sédimentométrique

SN N°	Profondeur (m)	Gravier (%)	sable Gros (%)	sable Fin (%)	Limon (%)	Argile (%)	classification
SC1*	03.60-03.90	-	-	-	40	60	Marne argileuse
	06.00-06.50	-	-	05	27	68	Marne argileuse
	09.00-09.50	-	-	-	32	68	Marne argileuse
	12.65-13.00	-	-	04	44	52	Marne argileuse
SC2*	03.50-04.00	-	-	08	28	64	Argile marneuse
	08.70-09.20	-	-	03	33	64	Argile marneuse
	14.50-14.90	-	02	51	15	32	Marne sableuse limoneuse
SC3*	07.50-08.00	-	03	48	26	23	Marne marneux
	11.10-11.50	13	44	23	08	12	Sable marneux
	14.50-15.00	-	03	54	13	30	Marne argileuse
SC4*	05.00-5.50	03	22	10	23	42	Argile marneuse
	08.00-08.50	-	-	12	29	59	Marne argileuse
SC5*	05.50-06.00	-	03	10	25	62	Marne argileuse
	08.20-08.60	17	06	12	16	49	Marne argileuse graveleuse
	11.00-11.40	-	-	03	33	64	Marne argileuse
SC6*	03.50-03.80	29	09	07	13	42	Argile graveleuse marneuse
	05.00-05.40	13	03	19	20	45	Argile graveleuse marneuse
	09.00-09.50	02	05	13	23	57	Argile graveleuse marneuse
	11.00-11.40	12	06	08	27	47	Argile graveleuse marneuse

Tableau n°53 : l'analyse granulométrique et sédimentométrique des sondages de site de Beni Haroun

b. Caractère mécanique

b.1. Résistance au cisaillement

Du type UU (non drainé non consolidé)

SN N°	Profondeur (m)	Cu (bar)	φ ° (°)	classification
SC 4	08.00-08.50	00.04	01	Très peu frottant très peu cohérent
SC6	11.00-11.40	00.34	02	cohérent peu frottant

Tableau n°54 : les résultats à la résistance au cisaillement des sondages du site de Beni Haroun

- φ ° : angle de frottement

- Cu : cohésion du sol

D'autres essais ont été annulé sur les sondages cisaillement pour les motifs suivants :

- SC1 à la profondeur 03.60-03.90 m : matériaux friable et fissuré
- SC2 à la profondeur 08.70-09.20 m : matériaux desséchées impossible a tailler.
- SC6 à la profondeur 05.00-05.00 m : matériaux graveleux et caillouteux.

Pour cela d'autres essais de compression simple ont été effectués.

b.2. Résistance à la compression simple

SN N°	Profondeur (m)	Charge (KN)	Section (cm ²)	Résistance à la compression (Kg/cm ²)
SC 1*	09.00-09.50	09.00	44.15	20.00
	12.65-13.00	09.00	7.80	13.00
SC3*	07.50-08.00	08.00	54.07	15.00
	11.10-11.50	12.50	63.58	20.00
	14.50-15.00	13.00	50.24	26.00
SC5*	08.20-08.60	06.00	54.07	11.00
SC6*	03.50-03.80	04.00	58.05	04.00

Tableau n°55: les résultats à la résistance à la compression simple des sondages du site de Beni Haroun

b.3. Compression à l'Odomètre

SC N°	Profondeur (m)	Pc (bar)	Cc	Cg	Classification
SC2*	03.50-04.00	02.69	00.246	00.060	Assez fortement compressible gonflant
SC4*	05.00-05.50	00.87	00.124	00.027	Moyennement compressible peu gonflant
SC5*	05.50-06.00	03.94	00.258	00.064	Assez fortement compressible gonflant

Tableau n°56 les résultats à la compression à l'Oedomètre des sondages du site de Beni Haroun

Pc : pression de compressibilité

Cc : coefficient de compressibilité

Cg : coefficient de gonflement

D'autres essais n'ont pu être réalisés et cela pour les motifs suivants :

- SC1 à la profondeur 03.60-03.90m : matériaux friables
- SC6 à la profondeur 05.00-05.40m : matériaux graveleux et Caillouteux

Conclusion générale

L'étude géologique et gîtologique de la région de Mila-Constantine ont permis d'apporter d'une part, une vue sur la répartition de différents gîtes d'argiles et d'autre part, des interprétations nouvelles concernant la substance utile (argile) et leur qualité en vue de leurs utilisations industrielles.

L'étude géologique des gisements d'argiles rouges d'Ain Kerma et d'argiles grises d'Ibn Zied dans leurs cadres régionaux et locaux et la distinction de leurs compositions chimiques et minéralogiques à permis de mieux connaître les argiles de cette partie de bassin.

Les sondages carottés dans le gisement d'Ain Kerma, révèlent : dans l'ensemble que ce gisement est constitué d'argiles rouges marneuses à argiles rouges sableuses, intercalées parfois par de conglomérats et de couches minces d'argile marneuse compactes.

Les analyses chimiques et minéralogiques montrent que les argiles d'Ain Kerma sont kaolinitiques et un peu quartziques et très peu feldspathiques. En revanche les argiles d'Ibn Zied sont de type kaolinitique, présentant des teneurs beaucoup plus faibles en quartz, cependant elles sont très riches en feldspaths.

Notons aussi l'exécution de certains nombres de sondages carottés dans de différents sites de la région de Mila a favorisé l'identification lithologique des formations de cette région. Sur l'ensemble des sondages, des différents sites, les faciès reconnus par les carottes, sont des argiles ou argiles marneuses avec la présence de blocs, galets et graviers. En profondeur on rencontre les marno-calcaires et les calcaires grisâtres. Les essais de laboratoire met en évidence que ces argiles sont très denses, légèrement mouillées, saturées plastiques à peu plastiques et à granulométrie fine dans l'ensemble.

Les essais de laboratoire tels que les essais physiques et mécaniques exécutés sur les différents sondages carottés ont mené à une étude géotechnique détaillée sur l'ensemble des sondages. Cette étude donne une observation perspective sur la nature du sous-sol qui appartient à une partie du bassin de Mila – Constantine.

Les sondages carottés ont permis de localiser les niveaux intéressants à travers le bassin de Mila. L'ensemble des dépôts argileux renferme des intercalations de minces couches de gypse, d'argiles gypseuses, des niveaux conglomératiques et des dépôts lacustres représentés essentiellement par des calcaires lacustres.

La succession de la sédimentation des argiles, argiles gypseuses avec parfois des niveaux des conglomérats et des dépôts lacustres témoigne que le bassin de Mila est une grande lagune caractérisée par des dépôts laguno-continentaux d'âge Mio-Pliocène. Ces dépôts témoignent d'une fluctuation du niveau d'eau associé à une influence tectonique et paléoclimatique.

Bibliographie

- **Aissaoui D. (1984)** : les structures liées à l'accident sud atlasique entre Biskra et le Djebel Menâa (Algérie). Evolution géométrique et cinématique. Thèse, 3^o cycle, Univ. L. Pasteur, Srasbourg, 150p.
- **Aris y. ;Coiffait, P. E. ;Guiraud, M. (1998)** : Caracterisation of Mesozoic deformations and paleostress field in the central Constantinois, northeast Algéria tectonophysics 290, 59-85.
- **Baudélot S. et Gery .B (1979)** : Découvertes d'Acritarches du Cambrien supérieur et du Tréma doc dans le massif ancien de grande Kabylie C.R Acad . Sc, (D) , t.288 p 1513-1513 , Paris.
- **Benabbas C. (2006)** : Evolution Mio-Plio-Quaternaire de l'Algérie Nord orientale : apport de la photogéologie et analyse morphostructurale.p
- **Bouillin J. P. (1986)** : le bassin maghrébin, une ancienne limite entre (l'Europe et l'Afrique) à l'Ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. Fr. t. II (8) n^o4. pp. 547-558. Paris.
- **Bouillin J.P et al (1979)** : La transversale de Collo et d'El Milia (petite Kabylie) : une région – clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaînelittorale d'Algérie . Mem. Soc. Géol . Fr., Nouv. Série t.t VII, n^o 135 P
- **Bouillin J.P et al (1977)** : géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El Milia (Algérie) thèse ès sciences Paris, ronéot, 509 p.
- **Bureau D. (1970)** : Principaux traits de la structure des monts de Bélezma (Algérie). Bull. Soc. Géol. France. (7). T. XII. N^o2. PP.210-213.
- **Bureau D. (1984)** : Approche sédimentaire de la dynamique structurale : évolution mésozoïque et de venir orogénique de la partie septentrionale du fossé saharien (sud-ouest constantinois et Aurès, Algérie) thèse doct. D'état univ. Paris VI.
- **Chadi M. (2004)** : Cadre géologique et structural des séries crétacés néritiques du constantinois (Est- algérien) thèse de doct . univ. De Constantine
- **Cojoin, I. et Maurice, R. (1999)** : Sédimentologie, Dunod édit, Paris.
- **Coiffait P.E. (1992)** : un bassin post nappes dans son cadre structural l'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord orientale) thèse doctorat . univ. Nancy 505p.
- **David L. (1956)** : Etude géologique des monts de la Haute Medjerda. Publ. Serv. Carte. Géol. 1/200.000^o.

- **Deleau P. (1938)** : les variations brusques de faciès du crétacé inférieur du Djebel Djaffa , C.R Acad. Sc. Paris, t. 206, p121.
- **Durand Delga M. et Laplaine (1948)** : géologie de Sidi Marouf. Rapp. De st. A la mise de Sidi Marouf . 20p. Arch. Des Min. de Constantine.
- **Durand Delga M. (1955)** : Etude géologique de l'ouest de la chaîne numidique (Algérie). Thèse Sciences Paris et Bull . Serv. Carte géol. Algérie, 2 série, N° 24, 533p.
- **Durand Delga .M (1969)** : Mise au point sur la structure de NE de Berbère Publ Serv. carte. géol. Algérie, N° 39, pp7-12 et 129-519.
- **Durand Delga M. et Fontboté J.M (1980)** : Le cadre structural de la méditerranée occidentale. Mém. Bur. Rech. Géol . Minières T.2 , N° 115 , pp 67-85, Paris.
- **Durozoy G. (1960)** : Etude géologique de la région du châtaudum Rhumel, thèse Alger, N° 22, 456 pp.
- **Ficheur (1899)** : le massif du Chettabah et Les îlots Triasiques de La Région de Constantine. Bull. soc. Géol. Fr., (3), XXVII, p. 85-114, Paris.
- **Glaçon J. (1963)** : L'évolution géologique et les gîtes métallifères du Tell Algérien et au sud de Sétif C.R S.S.G.F.Fasc .7, p.
- **Glangeand L. (1932)** : Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger, thèse Paris série N° 32, 751p.
- **Guiraud R. (1973)** : Evolution post triasique de l'avant pays de la chaîne algine en Algérie, d'après l'étude de bassin de Hodna et des régions voisines .Rev. géol. Dyn. Géogr. Phys., (2), 17,4 : 427-446.
- **Guiraud R. (1975)** : Evolution post triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Rev. Géol. Dyn. Géogr. Pays. (2), 17, 4, 427, 446.
- **Gherbi W. (2006)**: Etude qualitative des calcaires exploités: Cas de deux carrières de Ain Smara "COSIDER – SONATIBA". Université de Constantine. 232 p.
- **Joleaud J. (1911)** : Etude géologique de chaîne numidique et des monts de Constantine (Algérie). Montane Sicadi et Valentin éd. 437p., VI pl, une carte couleur, Montpellier.
- **Joleaud J. (1912)** : Etude géologique de la chaîne numidique et des monts de Constantine, thèse , 438p Paris et Montpellier, Montagne Imp. Sicardi et Valentin, 438p., 8 fig., 3 pl . photo h. t., 1 essquisse tect., 2 caries géol.
- **Kazi-Tani N. (1972)** : The north Sétif allochthonous formations : contribution towards solving certain paléogéographical an structural problems of the tellian area in Algeria Eighth Arab petroleum congress, paper N° 88 (B-3), Alger.

- **Kazi - Tani N. (1980)** Contribution à l'étude géologique du Djebel Fernane et des monts de BENI-SROUR (étude sédimentologique et structurale). Pp 143.
- **Kazi . Tani .N (1986)** : évolution géodynamique de la bordure nord africaine de domaine intraplaque nord – algérien Approche méga séquentielle, thèse, 886, pan.
- **Kieken M. (1960-62)** :Les traits essentiels de la géologie algérienne. Livre Mém. P. FALLOT. T. 1, Mém. H. sér. Soc. Géol. Fr., p. 545-614, 6 pl.
- **Kieken M. (1962)** : Esquisse technique de l'Algérie (Algérie du nord) exposé sur les connaissance actuelle de la structure de l'Algérie et présentation d'une carte technique au 1/100 000 publ – carte géol . Algérie, série N°31.
- **Kieken M. (1970)** : résumé des connaissances acquises au cours des vingt dernières années dans le Titteri, le Hodna et la partie occidentale des bibans (dépt. d'Alger). Résumé de thèse .bull du B.R.G.M (2) section IV, N° 01, pp 45-76.
- **Lahondère J.C. (1987)** : les séries ultratelliennes d'Algérie nord orientale et les formations environnantes dans leur cadre structural , thèse , pp-8-19 et pp, 94-97 , Toulouse.
- **Laboratoire des Travaux publics de l'Est** : Direction Générale de Annaba : Projet d'exécution Bassin Tampon L.T.P : 2005 7 page et annexes. Rapport inédit.
- **L.T.P. 2005 : Laboratoire des travaux publics de l'Est** : Direction générale de Annaba : Projet d'exécution, glissement PK4/ Krenem 7 p. et annexes. Rapport inédit
- **L.T.P. Est. 2004** : Laboratoire des travaux publics de l'Est. Direction générale de Constantine. Etude géotechnique des sondages, des sites de Aïn Tin, Beni Haroun. Rapport inédit
- **Marre A, quinif Y, la mondère J.C. et vila J.M. (1977)** : Observations sur le relief Karstique du Djebel Zouaoui (Constantine, Algérie). Rev. Méditerranée n°2, p. 45 – 45, 3 Fig. Marseille.
- **Mahdjoub Y. et Mercle O. (1990)** : Cinématique des déformations tertiaires dans le massif de petite kabylie(Algérie orientale). Bull. Soc. Géol. France, (8), VI n°4, 629-634, Paris.
- **Marmi R. et Guiraud R. (2006)** : End Cretaceous to recent polyphased compressive tectonics along the “môle Constantinois” and foreland (NE Algeria). Journal of African Earth sciences, 45 (1) (2006) p.123-136.

- **Marmi R. (1995):** les bassins continentaux de l'avant pays de la chaîne alpine d'Algérie orientale : étude stratigraphique, sédimentologique, structurale et géoclimatique ; thèse de doctorat. Univ. Nancy. 253 p.
- **Millot G. (1964) :** géologie des argiles.
- **Obert D. (1981) :** Etude géologique des bords orientaux (domaine tellien , Algérie) , thèse d'état , ès. Sc de la terre, N° 81 – 82 , 633 p 285 fig , 8 pl, Paris .
- **ORGM (1999) :** livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie , wilaya de Mila. Boumerdès, 34 p.
- **ORGM (1999) :** tableau des caractéristiques des gîtes de substances utiles non métalliques dans la wilaya de Mila, 6 p.
- **Raoult J.F (1965) :** Découverte de crétacé moyen et supérieur dans le chaînon des Kef Toumiette C.R Acad Sc. Paris, t 261, 1351-1352.
- **Raoult J.F (1966) :** sur l'allochtonie de la chaîne calcaire dans la région du Djebel Sidi Driss C.R. somm. S.G.F. 178-180.
- **Raoult J.F (1969) :** données nouvelles sur les flyschs au nord du Kef Sidi Driss et dans la zone du col des oliviers (nord du Constantine) B.S.G.F, (7), t. 9, 516-522. relations entre la dorsale kabyle et les flyschs sur la transversale du Djebel Rhed – phases tangentielles éocènes paléogéographie B.S.G.F, (7) , t 9 , p 523-543.
- **Raoult J.F (1974) :** géologie de centre de la chaîne numidique (nord de Constantine, Algérie) thèse, Paris, 163 page.
- **Remmache I. (2006) :** potentiel en substance utiles non métalliques (gypse et sel gemme) du bassin de Mila (Algérie nord orientale), thèse mag. géol. Substance utiles, 80pp, Univ. Constatine.
- **Rouibah S.(2000) :** contribution à l'étude des substances utiles non métalliques (Argiles, gypses et sel) du bassin de Mila Mém. d'ing. géol minière, 56 pp.
- **Sarvormin J. (1920) :** Chaînon de Djebel Youssef. Rapp. Ind. B. R. M. A., OING, Alger.
- **S.N.M.C / Morando impianti. (1978) :** Rapport d'exploitation du gisement d'argile de Mila. Rapport inédit.
- **SNMC – (1975) :** Les travaux géologiques de prospection. Rapport inédit.
- **Van de Fliert, J. R. (1955):** Etude géologique de la région d'Oued Athmania. Publi. Serv. Carte géol. Algérie, New série, Bull. 43, 254 p.
- **Vila J.M .V et Magne J. (1969) :** Le cadre structural du Djbel Debar. B.S.G.F, (7) , t XI , pp 75-81.

- **Vila J.M (1970)** : Réapparition en fenêtre de l'axe autochtone Hahouner Debar à l'Est de Guelma, aux environs de la station du Nador B.S.G.F, (7), XII, pp 813-817.
- **Vila J.M (1971)** : Essais d'interprétations structurales d'un profil transversal du NE de la Berbère entre les régions d'Annaba et de Guelma B.S.G.F., (7), XII n° 1-2, p 85-99.
- Paléogéographie crétacée et technique des unités allochtones de types Tellier et type flysch à microbrèches dans le NE du Constantinois C.R. Acad , Sc Paris , t 27, d, pp 1047-1050.
- **Vila J.M. (1971)** : Signification des formations éocènes charriées sur le miocène des régions de Hammam N'Bails et Goumod C.R Somm S.G.F., Fasc 18, pp 383-384.
- **Vila J.M. (1972)** : Les témoins méridionaux du môle néritique constantinois au sud de Hammam Meskoutine et de Guelma Bull. Soc. d / Hist . Nat de l'AF du N, t 63 Fasc 1 et 2 , pp 29-37.
- **Vila J.M., Magne J., Sigol J. (1972)** : Stratigraphie du crétacé autochtone pré- saharien méridional : les séries de Hammam N'Bails et de l'Oued Cheniour. Bull. Soc. D/Hist Nat de l'AF du N, t 63, Fasc 1 et 2, pp 39-49.
- **Vila J.M. (1980)** : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des couffins d'Algéro – tunisiens I.II.III thèse Es- sciences Paris, pp 139-174.
- **Voute C. (1967)** : Essai de synthèse de l'Histoire géologique des environs d'Aïn Fakroun , Aine Babouche et des régions limitrophes Bull . Serv. Carte Géol. Algérie, nouvelle Série, N° 36 (2 t et planches), thèse.
- **Wildi W. (1983)** : La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie), structure stratigraphique et évolutions du Trias au Miocène Rev. Géol, Dyn, pp 201-297.

Carte Topographique :

- La carte de Sidi Driss , 1/50000
- La carte de Sidi Mérouane, 1/50000
- La carte de Redjas El Ferrada, 1/50000

Carte géologique :

- La carte de Sidi Driss + notice explicative au 1/50000
- La carte de Sidi Mérouane + notice explicative au 1/50000
- La carte de Redjas El Ferada + notice explicative au 1/50000. Vila J.M. (1977).
- La carte de Constantine au 1/200000, Vila J.M (1980).
- La carte de l'Algérie au 1/50000, Feuille N° 75, oued Zenati. Deleau P. (1939).
- La carte de l'Algérie au 1/50000, Feuille N° 55 Duvivier. Flandrin J. (1939).

Abstract

The studied area is a part of the external zones of the Alpine belt of northeastern Algeria. Geological formations are Mio-Pliocene in age and are constituted by continental detrital deposits. This basin could be structured in relation with tectonics and affected paleogeographical evolution and the paleoenvironmental sedimentation.

The basin contains an interest potential of substances than argillaceous and evaporite deposits. The geological and argillaceous material gisement favors their extraction and their values. Mineralogical, chemical and geotechnical properties of argillaceous deposits permit a large industrial utilities, particularly for building products. The reserves are very important and allow a long time for extraction.

Résumé

Le secteur étudié, situé dans l'est algérien, fait partie des zones externes de la chaîne alpine d'Algérie orientale.

Le bassin de Mila, Constitue la partie occidentale du grand bassin néogène Constantinois, qu'on peut appeler bassin « Mila-Constantine ».

Le bassin néogène post-nappes de « Mila-Constantine » forme une grande dépression à remplissage détritique, type continental, d'âge Mio-Pliocène.

La dépression néogène « Mila-Constantine » résulterait ainsi de la restructuration tectonique mio-pliocène qui a guidé l'évolution des formations géologiques et leurs milieux de sédimentation.

Le bassin renferme un potentiel en substances utiles très important représenté par les dépôts argileux et évaporitiques (gypse et sel gemme).

Ces concentrations en substances utiles sont liées à l'évolution géologique du grand bassin durant le Mio-Pliocène.

Les caractéristiques géologiques et les conditions de gisement des dépôts argileux sont à l'origine de l'intérêt économique qui leur a été accordé à une prospection minière dans la région qui a abouti à une exploitation des argiles à des fins industrielles.

La répartition spatiale des différents dépôts argileux et évaporitiques dans le bassin de «Mila-Constantine» serait probablement due au phénomène eustatique, illustré par des incursions marines à plusieurs reprises, marquées par la présence de dépôts marins ; cas des argiles de Mila à faune marine reconnues au Nord-Est de Mila et de dépôts continentaux.