

REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MENTOURI-CONSTANTINE  
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE LA GEOGRAPHIQUE ET DE  
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

N° de série :.....

N° d'ordre :.....

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

THESE

PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER EN  
GEOLOGIE

OPTION : GEOLOGIE DES SUBSTANCES UTILES

Thème :

Potentiel en substances utiles non métalliques  
(gypse et sel gemme) du bassin de Mila (Algérie nord orientale)

Présenté par :

ILHEM REMMACHE

Jury :	Chadi	M	MC. E. N. S Constantine	Président
	Bouftouha	Y	MC. Université de Jijel	Encadreur
	Laouar	R	MC. Université d'Annaba	Examineur
	Shout	H	MC. Université de Constantine	Examineur

Année 2006

# Remerciements :

Au terme de ce modeste travail, on tient à exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui de loin ou de près ont participé à la réalisation de cette thèse.

En premier lieu, je remercie M. le docteur **Y. Boufetouha** qui m'a proposé cette étude, et qui m'a constamment aidé, par ses critiques fructueuses et sa patience envers notre travail assez lent.

Ms. les docteurs **Chadi M & Schout H** qui ont accepté de faire partie du jury et m'ont fait bénéficier de leurs intéressantes remarques.

M le docteur **Laouar R** qui a accepté d'effectuer le déplacement pour participer au jury de cette thèse.

M **Boularek M** qui n'a jamais hésité à m'apporter son aide. Sa rigueur scientifique m'a beaucoup servie, ainsi que **M. Bounemer J** et son fils **chawki** pour m'avoir aidé sur terrain et m'a dirigé dans toutes les étapes durant toute la période du travail, et a **M Bouchama** à la direction générale de l'ENASEL de Constantine.

On remercie également **M<sup>elles</sup> Ait Dj & Djebbar M** pour leurs aides et leur soutien moral, **M<sup>me</sup> Rokia** pour sa collaboration et son encouragement

A tous les enseignants du poste graduation et du graduation pour les études et la formation qui nous ont donné.

Je remercie aussi l'équipe de l'université de Jijel, surtout **M Bouzenoune** et **M<sup>me</sup> kaoula S**. Sans oublier les personnages de l'usine du plâtre de Redjas qu'ils trouvent tous ici ma éternelle reconnaissance pour leur disponibilité matérielle.

A mon cousin Amar et sa femme Rokia qui m'accueillent chez eux pendant toute la période de mes études, pour leurs soutiens morales et matériels.

Enfin je tiens à exprimer ma reconnaissance également à tous mes collègues de la filière et de l'institut pour les nombreuses discussions et critiques.

## TABLEAU DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

### CHAPITRE I : Généralité

I-1- Situation géographique.....	2
I-2- Climat et végétation.....	2
I-3- Réseau hydrographique.....	2
I-4- Historique des travaux géologique et minières.....	4
I-4-1- Travaux géologiques.....	4
I-4-2- Travaux miniers.....	4

### CHAPITRE II : Cadre géologique régional

II-1- Introduction.....	5
II-2- Domaine interne.....	5
II-2-1- Socle kabyle.....	5
II-2-2- Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes.....	6
A/ L'Oligo-Miocène kabyle (OMK).....	6
B/ Olistostromes .....	6
II-2-3- Dorsale kabyle.....	6
II-2-3-1- Dorsal interne.....	7
II-2-3-2- Dorsale médiane.....	7
II-2-3-3- Dorsale externe.....	7
II-2-4- Les formations de types flyschs.....	7
II-2-4-1- Le flysch maurétanien.....	8
II-2-4-2- Le flysch massylien .....	8
II-2-4-3- Le flysch numidien.....	8
II-3- Domaine externe.....	8
II-3-1- Les unités ultra-telliennes.....	10
II-3-2- Les unités senco-stricto.....	10
II-3-3- Les unités péni-telliennes... ..	10
II-4- Domaine de L'avant pays.....	11
II-4-1- L'avant pays allochtones.....	11
II-4-1-1- Les unités sud sétifiennes.....	11
II-4-1-2- Les unités néritiques constantinoises.....	11
II-4-1-3- Les unités des sellaoua.....	11
II-4-2- L'avant pays autochtones.....	12
II-5- Les formations post-nappes.....	12
II-6- Les phases tectoniques.....	14
II-6-1- Introduction... ..	14
II-6-2- Les phases tectoniques mésozoïques.....	14
II-6-2-1- La phase du Jurassique supérieur.....	14
II-6-2-2- La phase Anté-sénonienne.....	14
II-6-3- Les phases tectoniques Tertiaires.....	16
II-6-3-1- La Phase Fini lutétienne.....	16
II-6-3-2- La phase Miocène.....	16
II-6-4- La phase récent.....	17

### CHAPITRE III : Cadre géologique local

III-1- Présentation géologique du secteur étudié.....	18
III- 1-1- Le Trias.....	18
III-1-2- Le Jurassique.....	18
III-1-3- Le Crétacé.....	20
III-1-3-1- Le Crétacé inférieur.....	20
III-1-3-2- Le Crétacé supérieur.....	20
III-1-3-2-1- Le Cénomaniens.....	20
III-1-3-2-2- Le Turonien.....	21
III-1-3-2-3- Le Sénonien.....	21
III-1-4- Le Paléocène et l'Eocène.....	21
III-1-5- Le Mio-Pliocène.....	21
III-1-5-1- Le cycle Langhien-Serravalien inférieur.....	21
III-1-5-2- Le cycle Serravalien supérieur (Mellalien supérieur).....	23
III-1-5-3- Le cycle Turonien inférieur (=Tortonien inférieur).....	23
III-1-6- Le Quaternaire.....	23

### CHAPITRE IV : Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila

IV-1- Introduction.....	24
IV-2- Description lithostratigraphique.....	24
A/ Terme I.....	24
B/ Terme II.....	24
C/ Terme III.....	26
D/ Terme IV.....	27
E/ Terme V.....	27
IV-3- Evolution de la sédimentation Mio-Pliocène du bassin de Mila.....	29
IV-4- Histoire paléogéographique des dépôts Mio-Pliocène.....	31
IV-5- Aspect morpho-structural du bassin néogène de Mila- Constantine.....	32
* Les Chevauchement.....	35

### Chapitre V : Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila

V-1- Aperçu sur les époques évaporitiques en Algérie.....	39
A/ Epoque évaporitique du Trias.....	39
B/ Epoque évaporitique Sénonienne.....	40
C/ Epoque évaporitique Nummulitique.....	41
D/ Epoque évaporitique Plio-Quaternaire.....	41
V-2- La sédimentation évaporitiques.....	43
V-2-1- Introduction.....	43
V-2-2- La genèse des évaporites.....	43
V-2-3- Les minéraux de la séquence évaporitiques.....	44
V-2-4- Les modèles de dépôts des évaporites.....	46

V-2-4-1- Les évaporites continentales.....	46
V-2-4-2- Les évaporites marines de bassin peu profond.....	46
V-2-4-3- Les évaporites marines des bassins profonds.....	48
i) Les bassins structurellement profonds d'eau profonde.....	48
ii) Les bassins structurellement profonds d'eau peu profonde.....	48
V-2-5- Le cycle gypse $\longleftrightarrow$ anhydrite.....	49
V- 3- Les zones gypsifères du bassin de Mila.....	50
V-3-1- Introduction.....	50
V-3-2- Répartition des dépôts de gypse dans le bassin de Mila.....	50
V-3-3- La zone gypsifères de la région de Grarem.....	50
A/ L'affleurement de Guettara.....	50
B/ L'affleurement de Grarem-Ouest.....	52
C/ L'affleurement de Khenga.....	54
V-3-4- La zone gypsifère de Tassala.....	56
A/ Le site du Djebel Dorbane.....	56
B/ Le site d'El Mahadjar.....	56
C/ Le site de Draa Tiharlissa.....	58
V-3-5- Les gisements et indices de la région d'Ahmed Rachedi (ex, Richelieu).....	59
V-3-5-1- Le gisement de gypse d'Ahmed Rchedi.....	59
* Méthode d'exploitation (exemple du gisement de gypse d'Ahmed Rachedi).....	62
V-3-6- Caractéristiques du gypse au niveau des trois gisements.....	65
1- Le gypse cristallin.....	65
2- Le gypse fibreux .....	65
3- Le gypse saccharoïde.....	65
4- Le gypse microcristallin ou alabastrite.....	65
V-3-7- Données diffractométriques des gypses du bassin de Mila.....	68
V-3-5-2- Le gisement de sel gemme d'Ahmed Rachedi.....	72
A/ introduction.....	72
B/ Historique des travaux sur les indices de sel gemme.....	72
C/ Le gisement de sel gemme de Tiberguent.....	72
* Description pétrographique de sel gemme.....	74
a/ Le sel fibreux.....	75
b/ Le sel blanc, cristallisé.....	75
c/ Le sel sccharoïde.....	75
d/ le sel rouge.....	75
e/ Le sel vert.....	75
D/ méthode d'exploitation du sel de Tiberguent.....	77
V-3-8- Les autres indices des roches salifères.....	78

## Conclusion générale

79

## Listes des figures :

<b>Fig.I-1</b> : Position de bassin néogène de Mila dans le cadre géologique du Nord-Est Algérien...	2
<b>Fig.I-2</b> : Réseau hydrographique du bassin de Mila.....	3
<b>Fig.II-1</b> : Carte et coupe géologique de la partie Nord de l'Algérie nord orientale.....	5
<b>Fig.II-2</b> : Carte schématique illustrant la répartition des différents domaines paléogéographiques (avec détail le domaine externe).....	9
<b>Fig.II-3</b> : Carte et coupe géologique montrant la disposition de la formation post-nappes du bassin de Mila.....	13
<b>Fig.II-4</b> : Coupe géologique schématique illustrant les relations structurales entre les différentes unités de la chaîne alpine d'Algérie nord orientale.....	15
<b>Fig.III-1</b> : Principaux affleurements des séries néritiques constantinoises.....	19
<b>Fig.III-2</b> : Colonne lithostratigraphique synthétique des formations présentes dans le bassin de Mila.....	22
<b>Fig.IV-1</b> : Carte géologique synthétique du bassin de Constantine-Mila.....	25
<b>Fig.IV-2</b> : Colonne stratigraphique des dépôts néogènes du bassin de Mila.....	28
<b>Fig.IV-3</b> : Colonnes stratigraphiques caractérisant l'évolution paléogéographique du bassin de Mila.....	31
<b>Fig.IV-4</b> : Modèle schématique des dépôts laguno-continentaux dans le bassin sédimentaire.	33
<b>Fig.IV-5</b> : Coupe géologique illustrant les différents contacts structuraux de la partie nord du bassin de Constantine- Mila.....	36
<b>Fig.IV-6</b> : Coupe synthétique du néogène de Sidi Mérouane.....	37
<b>Fig.IV-7</b> : Coupe descriptive de la région de Redjas El Ferrada.....	38
<b>Fig.V-1</b> : L'ordre de précipitation des évaporites.....	43
<b>Fig.V-2</b> : Schéma illustrant la suite des minéraux évaporitiques qui précipite quant s'évapore de l'eau de mer.....	45
<b>Fig.V-3</b> : Répartition des faciès évaporitiques dans le cas d'un bassin marin fermé.....	47
<b>Fig.V-4</b> : Répartition des faciès en carte A et en coupe B dans le cas d'un bassin marin a seuil Variation du modèle dans le cas d'une alimentation par infiltration d'eau de mer C.....	47
<b>Fig.V-5</b> : Les bassins évaporitiques profonds. A : bassin structuralement profond, B : bassin structuralement profond d'eau peu profonde.....	48
<b>Fig.V-6</b> : Les environnements de dépôts et de diagenèse des différents types de gypse et d'anhydrite.....	49
<b>Fig.V-7</b> : Répartition des sites gypsifères du bassin de Mila.....	51
<b>Fig.V-8</b> : Vue d'ensemble des affleurements de gypse de Guettara.....	52
<b>Fig.V-9</b> : Colonne lithologique du gisement de gypse de Guettara.....	53
<b>Fig.V-10</b> : Colonne lithologique du gisement de gypse de Djebel Dorbane.....	57
<b>Fig.V-11</b> : Coupe schématique du gisement de gypse de l'El Mahadjar.....	58
<b>Fig.V-12</b> : Coupe géologique du gisement de gypse d'Ahmed Rachedi.....	60
<b>Fig.V-13</b> : Colonne lithologique synthétique du gisement de gypse de la région d'Ahmed Rachedi.....	61
<b>Fig.V-14</b> : Colonne lithologique synthétique du Mio-Pliocène dans le plateau de Redjas avec la présence de dépôts de sel gemme.....	73

### Listes des planches :

<b>Planche. I:</b> Relation entre la néotectonique et les dépôts évaporitiques secondaires.....	34
<b>Planche. II :</b> Dépôts gypsifères de deux sites dans le bassin de Mila (Dj. Dorbane- Grarem ouest).....	53
<b>Planche. III :</b> Observation macroscopique des échantillons de gypses dans différents sites gypsifères du bassin de Mila.....	64
<b>Planche. IV :</b> Observation microscopique des échantillons du gypse.....	65
<b>Planche .V :</b> Aspect morphologique du gisement de sel gemme du site d'Ahmed Rachedi.....	76

### Listes des Tableaux :

<b>Tableau n°1:</b> Abondance relative des ions dissous dans l'eau de mer et l'eau de rivière.....	42
<b>Tableau n°2 :</b> Caractéristiques chimiques des dépôts du gypse de la région de Grarem Gouga.....	52
<b>Tableau n°3 :</b> Caractéristiques chimiques des dépôts du gypse de la région de Tassala.....	57
<b>Tableau n°4 :</b> Différentes épaisseurs de la couche gypsifères du site d'Ahmed Rachedi.....	61
<b>Tableau n° 5 :</b> Epaisseur et teneur moyenne de la partie productive du gisement de gypse d'Ahmed Rachedi.....	62

## **Introduction :**

L'une des caractéristiques du bassin de Mila, faisant l'objet de notre étude est la prépondérance des roches évaporitiques et argileuses.

La structuration géologique et géomorphologique du grand bassin néogène constantinois dont fait partie le bassin de Mila, est à mettre en relation avec l'évolution géotectonique de l'Algérie du nord.

Ce bassin fait partie du domaine externe de la chaîne des maghrébides. Cette région caractérisée par des dépôts laguno-continentaux d'âge Mio-Plio-Quaternaire recèle d'importantes réserves en substances utiles non métalliques notamment : argiles, sables, agrégats, gypse et sel gemme...etc

L'importance que représentent ces substances utiles non métalliques dans le domaine industriel, a donné lieu à une exploitation d'une bonne partie d'entre elles. Les argiles pour la brique et la céramique, le gypse pour le plâtre, les sables pour les travaux publics et le sel gemme pour l'utilisation domestique et industrielle.

A fin de mieux cerner le processus de dépôt de ces substances utiles non métalliques, leur répartition spatiale et leurs caractéristiques géologiques et minières, l'étude de la région de Mila nous a été confiée.

Le grand nombre d'indices et des gisements de ces substances (type évaporites) et le peu d'étude ayant trait à ces derniers sont à l'origine du choix de ce sujet.

La démarche adoptée pour la réalisation de cette étude est principalement axée sur une collecte des données géologiques, minières et technologiques de ces substances à partir des travaux de recherche et d'exploitation, ainsi qu'à partir de données de terrain.

Les travaux de terrain ont porté essentiellement sur les zones gypsifères les plus importantes du bassin de Mila et qui ont consisté à la caractérisation géologiques, minières et économiques des différents dépôts de gypses au niveau des sites en exploitation et des indices reconnus à l'affleurement.

Les données obtenues au niveau de ces sites seront utilisées comme guide de recherche et d'identification de nouveaux sites dans les autres régions du bassin néogène constantinois et éventuellement dans d'autres régions.

### I-1- Situation géographique :

Le bassin de Mila, objet de notre étude, est situé à une cinquantaine de kilomètres à l'ouest de Constantine. 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 de Sétif, à l'Est par la wilaya de Constantine. (Fig.I-1)

Cette aire géographique s'étend sur une superficie de 3407.6 km<sup>2</sup>.

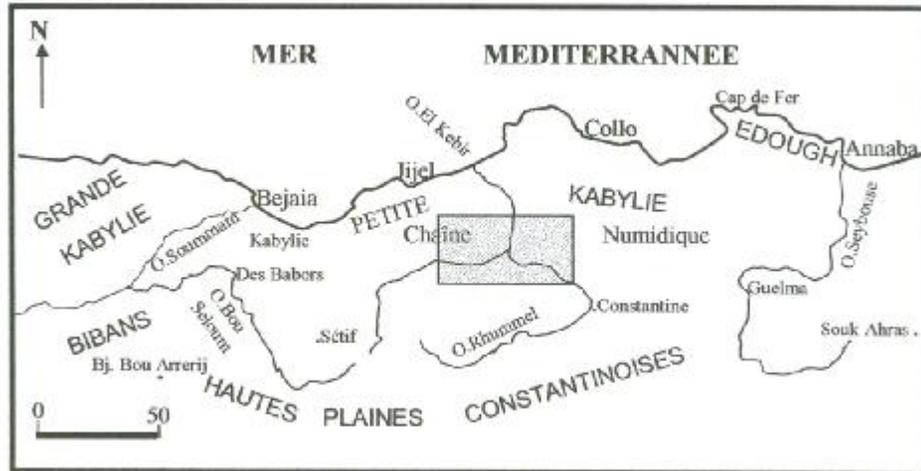


Fig. I-1 : Situation géographique de la région étudiée (M.Durand.Delga, 1969)

### I-2- Climat et Végétation :

La région de Mila est caractérisée par un climat semi-aride doux, entouré de part et d'autre par un climat sub-humide frais qui est caractéristique des reliefs montagneux de Djebel M'Cid Aicha et Djebel Chettabah-Zouaoui (F.Rullan, 1985).

Il est marqué par des écarts de température assez importants, les températures en été sont assez élevées et avoisinent les 40°C. En hiver, elles sont généralement basses et peuvent parfois descendre en dessous de zéro degré.

Le couvert végétal est peu important, il se résume principalement aux cultures céréalières et des herbes sauvages.

### I-3- Hydrogéologie :

La région étudiée est traversée par deux grands oueds : Oued Endja et Oued El Kebir. A ces deux oueds convergent de nombreux petits oueds et chaabats. (fig.I-2)

La prédominance de dépôts détritiques (conglomérats, graviers et sable), rend assez favorable l'emmagasinement des eaux et le développement de nappes phréatiques. Cependant, la contamination par les sels des roches évaporitiques rend souvent ces eaux inutilisables.



## **I-4- Historique des travaux géologiques et miniers :**

### **I-4-1- Travaux géologiques :**

Le bassin de Mila, objet de notre étude, présente au point de vue historique un intérêt certain, c'est une région clef dans l'histoire de la géologie algérienne.

Les travaux géologique de la région ont débuté avec les travaux du :

- Capitaine Puillon-Boblaye (1838) : qui a publié le résultat de ses premières reconnaissances sur la région et mentionné, outre les gypses du Djebel Chettabah.
- Dès 1839, Saget ; officier d'état major de l'armée française : signale le premier les calcaires lacustres et les argiles de Mila, ainsi que le sel des ouled Kebab.
- En 1948, avec les travaux de recherches dans le Constantinois qui ont été effectués en collaboration entre le service de la carte géologique d'une part et l'institut géologique de l'université d'UTRECHT de l'autre, ou les premières cartes géologiques (1/50000) résultant des exploitations de la « mission hollandaise », qui sert actuellement de document de base pour l'étude de la région de Mila.
- Mais la première description géologique est due à H.Fournel (1849), qui reconnaissait les ostreacressissima, et rapportait cette formation au Miocène.
- L'étude la plus récente de la région a été effectuée par P.E.Coiffait (1992).

### **I-4-2- Travaux miniers :**

En 1983, la société française « SAMIN » a effectué plusieurs campagnes de prospection de carrières de dolomie, calcaire- feldspath et gypse pour leurs utilisations dans l'industrie verrière.

EREM-ENASEL (1987) : ont fait le rapport inventaire de perspective en sels sur le territoire national. Ainsi que les travaux de L.T.P.EST dans la même année, ont été réalisés dans la région d'Ahmed Rachedi sur le gisement de gypse et de sel gemme.

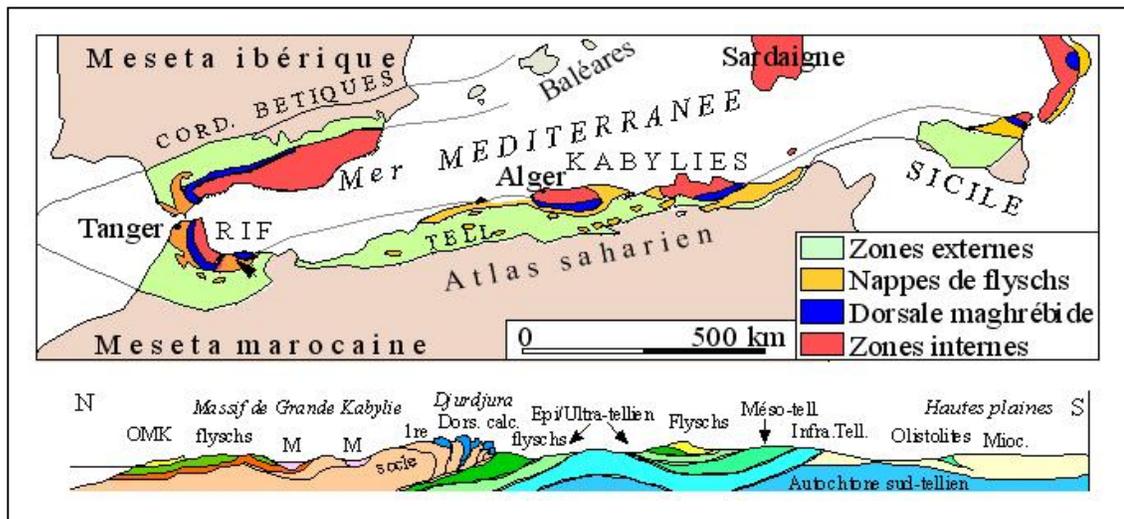
En 1990, la SOMACO de Mila, publie une étude de faisabilité sur la production de plâtre médical et industriel. En fin, l'office de recherches géologiques et minières ORGM (1999), a entrepris un travail de recherche et d'estimation des substances utiles non métalliques dans la région.

**II-1- Introduction :**

Le bassin de Mila, appartient au domaine externe de la chaîne alpine d’Algérie nord orientale. Cette branche de la chaîne alpine est rattachée à la branche sud des maghrébides entre le détroit de Gibraltar à l’ouest et la Sicile et la Calabre à l’Est. (Fig.II-1)

La partie nord orientale de cette branche est généralement subdivisé en deux grands domaines (Wildi, 1983 ; Durand.Delga, 1969 ; Bouillin, 1977), qui sont :

- Un domaine interne, regroupant le socle kabyle et les formations des flyschs.
- Un domaine externe, correspondant aux formations telliennes et de l’avant pays.



**Fig.II-1:** Carte et coupe structurale schématique de la chaîne maghrébidienne montrant la disposition des zones internes et externes (Durand.Delga et Fontboté ;1980)

**II-2- Domaine interne :**

Il correspond au socle cristallophyllien et sa couverture sédimentaire carbonatée (dorsale kabyle).

**II-2-1- Socle kabyle :**

Il s’agit d’un ensemble de formations cristallophylliennes d’âge paléozoïque (Durand.Delga, 1969 ; Raoult, 1974 et Bouillin, 1977).

Le socle kabyle comporte deux grands ensembles :

- Un ensemble gneissique, à intercalation de marbre, ayant cristallisé dans les conditions du faciès granulites (Kornprost et al, 1977).
- Un complexe phylladique au sommet qui montre de bas en haut :

- Des schistes noirâtres, montrant à leur base un conglomérat dissocié remaniant les phyllades sous-jacents.
- Des psammites rouges et vertes à *graptolite*.
- Des grès calcaires à *tentaculites*.
- Des calcaires à *orthocères*.

Cet ensemble supérieur est surmonté en discordance par des formations Siluriennes (D.Delga, 1969). Par endroits, le socle kabyle forme un ensemble charrié sur les terrains Mésozoïques et tertiaires (Bouillin, 1977).

## **II-2-2- Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes :**

### **A/ L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K) :**

Les formations de l'O.M.K, forment la couverture sédimentaire transgressive du socle kabyle (Raoult, 1975). Il est représenté par des formations détritiques comportant trois termes :

- Un conglomérat à la base, reposant en discordance sur les formations du socle kabyle.
- Des grès micacés à débris provenant du socle kabyle associés à des pélites micacées.
- Des pélites et silexites à radiolaires et diatomées.

### **B/ Les Olistostromes :**

Se sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flyschs intercalées avec des passées grésos-micacés. Ces formations d'âge probable Aquitaniens-Burdigaliens inférieurs (Bouillin, 1977), reposant sur les formations de l'O.M.K.

## **II-2-3- Dorsale kabyle :**

Elle forme la couverture méridionale du socle kabyle, cette chaîne calcaire marque la limite entre le socle kabyle au nord et les zones telliennes au sud.

Elle est caractérisée par les formations carbonatées ayant un âge allant du Permien-Trias à l'Oligocène (Raoult, 1974).

D'après cet auteur la dorsale kabyle est subdivisée en trois unités qui sont du nord au sud :

**II-2-3-1- Dorsale interne :**

Elle comporte des séries allant de Permo-Trias au Néocomien. Ces séries sont représentées par des calcaires néritiques massifs riches en microfaune benthique qui atteignent le sommet du Lutétien (Raoult, 1969-1974).

**II-2-3-2- Dorsale médiane :**

Elle est caractérisée surtout par la constance des dépôts marneux à microfaune pélagique du Turonien au Lutétien et une lacune stratigraphique du Crétacé moyen.

**II-2-3-3- Dorsale externe :**

Elle est constituée essentiellement de calcaire dolomitique du Jurassique inférieur et par un Crétacé supérieur et Eocène inférieur détritique.

**II-2-4- Les formations de types flyschs :**

Se sont des formations sédimentaires allochtones d'âge Crétacé à Eocène (Raoult, 1977). Elles sont classiquement subdivisées en :

**II-2-4-1- Le Flysch Maurétanien :**

Les formations du flysch maurétanien sont relativement épaisses, elles sont caractérisées par des formations allant du Néocomien au Lutétien. Au Néocomien, elles sont pélico-calcaro-gréseuses à pélico-gréseuses. Le sommet de ces formations se termine par des *Turbidites* calcareuses. (Gelard, 1969)

Dans le Nord Constantinois, le flysch de type maurétanien d'âge Lutétien comportent un substratum Triasico-Jurassique riche en calcaire à radiolarite des microbrèches à ciment spathique riche en quartz détritique et parfois des microconglomérats du Sénonien et se termine par une couverture gréséo-micacée d'âge Priabonien-Oligocène (Bouillin, 1977).

#### **II-2-4-2- Le Flysch Massylien:**

Les formations du flysch massylien sont essentiellement pélito-quartzitiques. (Raoult, 1969-1972). Ces flyschs comportent une série qui va du Crétacé inférieur à l'Eocène, montrant au Cénomaniens des niveaux de phtanites et des bancs calcaires à microfaune pélagique du Turonien-Cénomaniens. Par-dessus ces formations s'observe un Comanien supérieur argileux, à blocs variés et à intercalations gréseuses. Enfin, le Comanien supérieur et le Maestrichtien correspondent à un flysch à microbrèches calcaires en lits centimétriques à décimétriques (Bouillin, 1977).

#### **II-2-4-3- Le Flysch Numidien :**

Le flysch numidien forme une entité à part. il occupe une position structurale allochtone, la plus haute de l'édifice alpin. Il est représenté par une série argilo-gréseuse d'âge Oligocène à Burdigalien basal (Bouillin et Raoult, 1971 ; Lahondère, 1979).

Il est caractérisé à la base par des argiles sous-numidiennes à *Tubotomaculum* surmontées par des grès numidiens à grain de quartz hétérométriques et le sommet se termine par des marnes à silexites correspondent aux formations supra-numidiennes.

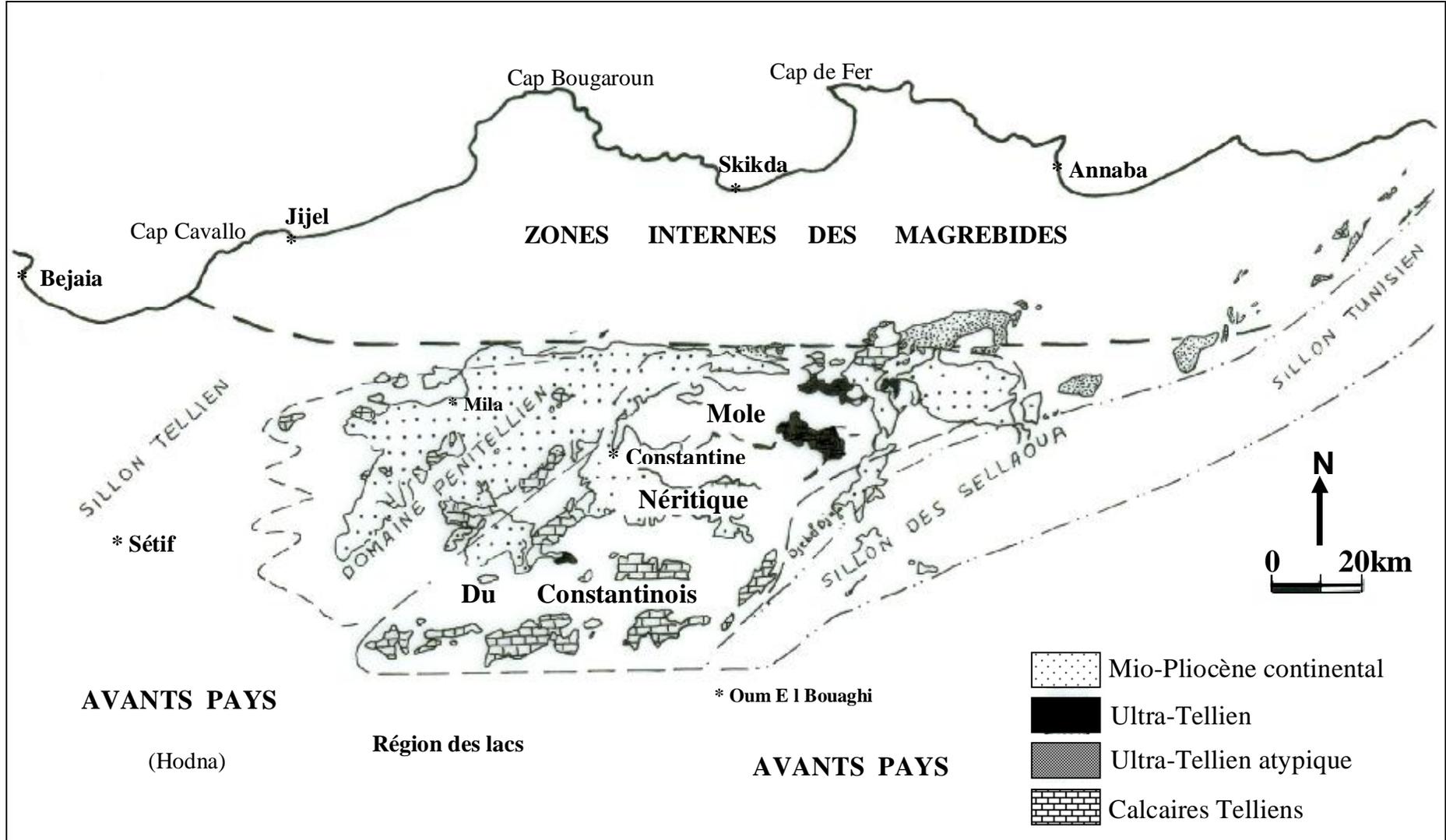
#### **II-3- Domaine externe :**

Il correspond aux formations telliennes situées sur la paleomarge Africaine (Bouillin, 1986). Ce sont des séries épaisses à faciès marno-calcaire d'âge Eocène, issues du sillon tellien (Vila, 1980). Certains auteurs notamment Durand Delga subdivisé les formations du domaine tellien en trois grandes unités : (Fig.II-2)

##### **II-3-1- Les unités ultratelliennes :**

Les unités ultra-telliennes sont largement développées dans le Constantinois. Ces unités déposées sur sa marge septentrionale, sont caractérisées par des faciès micritiques clairs d'âge Crétacé à Eocène (Durand.Delga, 1969).

Il s'agit de séries épaisses à dominante marneuse et marno-calcaire, d'âge allant du Néocomien au Lutétien avec une composante détritique au Sénonien. L'Yprésien est calcaire et l'Eocène comporte trois termes :



**Fig. II-2 :** Carte schématique illustrant la répartition des différents domaines paléogéographiques (avec détail le domaine externe)  
(J.C.Lahondère, 1987)

- marnes sombres à boules jaunes d'âge Dano-Paleogène.
- Calcaire à silex noir et cassure grise, d'âge Lutétien inférieur.
- Marnes sombres d'âge Lutétien supérieur.

### **II-3-2- Les unités telliennes sensu-stricto :**

Elles regroupent les unités épi, méso et infra telliennes (Keiken, 1962).

Ces unités correspondent aux formations carbonatées du Jurassique, souvent dolomitisées et surmonté de calcaire plus ou moins massif, du Valanginien au Cénomanién. Le Cénomanién supérieur correspond le plus souvent à un arrêt de sédimentation marqué par une surface durcie. Le Crétacé supérieur caractérisé par la formation pélagique, l'Eocène par une couverture marneuse noire et l'Yprésien, par des carbonatés à silex. Quand à l'Oligocène, il affleure très peu, il s'agit de marnes contenant une passée gréseuse (Coiffait, 1992).

### **II-3-3- Les unités pénitelliennes :**

Elles sont représentées au Nord et à l'Ouest de Constantine (Djebel Chettabah, Djebel Akhal, Djebel Grouz et Djebel Kheneg). Dans la zone septentrionale et occidentale, cette unité se distingue par ses formations Jurassico-Crétacées caractérisées par des faciès intermédiaires entre les faciès de plate forme (calcaire et marno-calcaire du néritique) et des faciès de bassins (marnes du domaine tellien).

Les formations pénitelliennes s'étalent sur une étendue de 150km de l'Est à l'Ouest et de 40km du Nord au Sud (Vila, 1980).

Selon S.Guella et al (1977), le Crétacé inférieur présente une épaisse série continue à influence marneuse avec de rares intercalations gréseuses fines, ainsi que des niveaux de pélites discordants et des niveaux conglomératiques intraformationnels qui se poursuivent jusqu'à l'Albien inférieur.

Le Crétacé supérieur montre une série composée d'alternance de marnes à *rotalipores* et de calcaire bio micritique du Cénomanién, à intercalations de niveaux de silex. Le Sénonien est représenté par un faciès marneux et marno-calcaire avec des niveaux conglomératiques ou biodétritiques. Les séries pénitelliennes, ne dépassent pas le Maestrichien moyen.

**II-4- Domaine de l'avant pays :**

Il correspond aux formations calcaires et marneuses de la plate forme constantinoise et du domaine atlasique. Il comporte l'avant pays allochtones et l'avant pays autochtones (Vila, 1980).

**II-4-1- L'avant pays allochtones :**

D'Ouest en Est, l'avant pays allochtones comporte plusieurs unités :

II-4-1-1- Les unités sud sétifiennes :

Ces unités ont été décrites par Vila (1980), elles sont caractérisées par des séries sédimentaires mésozoïques de plate forme subsidante, qui admettent des intercalations pélagiques. Elles s'intercalent entre l'unité néritique constantinoise et les écailles atlasiques des Sellaoua (Wildi, 1983).

II-4-1-2- Les unités néritiques constantinoises :

Ces unités sont caractérisées par des séries carbonatées épaisses à microfaune benthique et a rudistes du Mésozoïques (Vila, 1980), déposées sur une plate forme faiblement subsidante. Ces unités chevauchent les écailles de Sellaoua et les unités Sud Sétifiennes.

Les unités du domaine néritique constantinois sont représentées essentiellement par des calcaires Jurassico-Crétacé, dont les épaisseurs peuvent atteindre les 2000m. Ces séries se caractérisent par une grande homogénéité de faciès avec un substratum carbonaté et une couverture marneuse ou marno-calcaire d'âge Crétacé supérieur à Eocène.

II-4-1-3- Les unités des Sellaoua :

Elles affleurent au pied des séries néritiques constantinoises chevauchantes. Elles se caractérisent par des faciès bordiers du sillon atlasique. Le saut brusque de faciès entre ces séries et l'atlas autochtone serait cependant suffisant pour envisager des raccourcissements considérables attribuables à des chevauchements de grande ampleur (Vila, 1980).

La série stratigraphique de la région des sebkhas des Sellaoua, moins calcaires à faciès plus profonds, montre une épaisse série d'argile, de marnes parfois finement sableuses et de grès fins qui débute au Valanginien et se poursuit par une couverture tertiaire peu épaisse du paléocène au Lutétien supérieur et localement jusqu'à l'Oligocène. Quant à l'Yprésien, il est carbonaté et riche en nummulites (Coiffait, 1992).

#### **II-4-2- L'avant pays autochtones :**

Il est représenté par des séries sédimentaires Mésozoïques épaisses et très plissées. Ces séries sont principalement localisées au niveau de : l'atlas Tunisien, l'atlas Saharien, Monts du Hodna, Monts de Batna et Monts des Aurès.

#### **II-5- Les formations post-nappes : (Fig.II-3)**

L'âge Burdigalien établi pour la mise en place des nappes dans le Constantinois, permet de considérer que les formations post-nappes regroupent l'ensemble de dépôts postérieures au Burdigalien. Ils s'agit de formations continentales et marines transgressives et discordantes sur les formations et les structures anté-Burdigaliennes.

La répartition actuelle des affleurements post-Burdigalien permet de distinguer deux grands ensembles (M.Durand.Delga, 1955 ; J.P.Bouillin, 1977 ; J.M.Vila, 1980 ; P.E.Coiffait, 1992) :

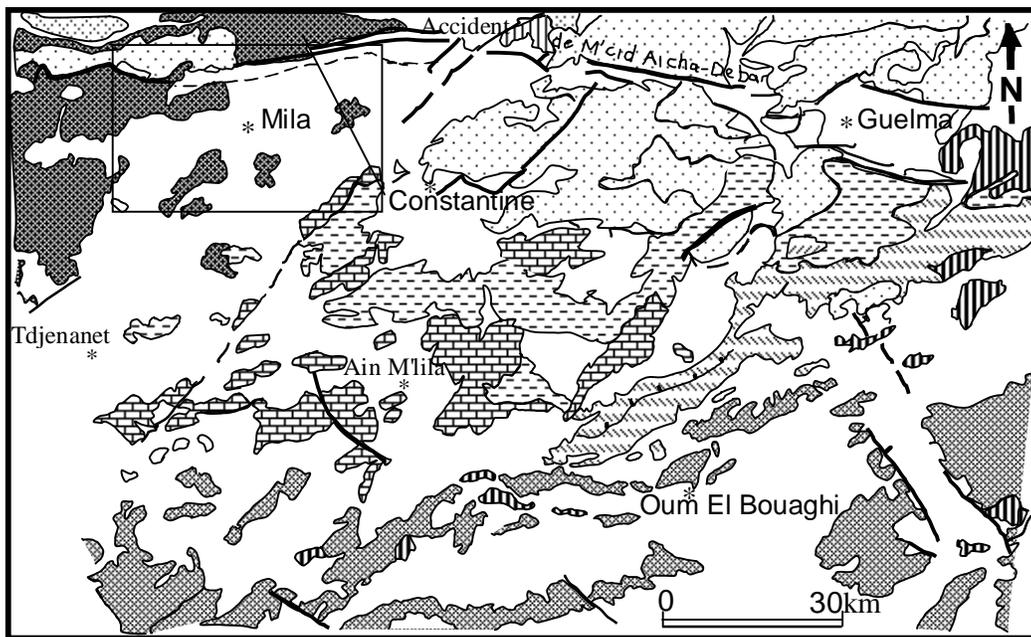
1) Un ensemble nord représenté par les bassins côtiers dont le bassin de Mila et le bassin de Guelma, représentant les bassins les plus méridionaux.

2) Un ensemble sud représenté par des bassins situés au-delà des limites méridionales et orientale actuelles des massifs calcaires de la plate forme constantinoise.

1) Dans les bassins côtiers, les formations post-nappes sont différenciées en faciès au nord et au sud de l'accident E-W (l'accident de M'cid Aicha-Debar) qui délimite la bordure méridionale du bloc kabyle. Cette différenciation est caractérisée par des formations marines au nord et des formations laguno-lacustre au sud.

2) Les bassins situés au sud de l'accident de M'Cid Aicha-Debar, comportent un remplissage composé pour l'essentiel de formations continentales, d'âge Miocène supérieur à Quaternaire (L.Joleaud, 1912 ; M.Durand.Delga, 1955 ; J.F.Raoult, 1974 ; P.E.Coiffait, 1992).

Selon une direction EW, le remplissage du bassin de Mila débute localement par des formations marines d'âge Burdigalien Terminal-Langhien et qui passent vers le haut à des formations continentales Miocènes et Plio-Quaternaires (L.Joleaud, 1912 ; M.Durand.Delga, 1955 ; P.E.Coiffait, 1992).



- Formations continentales post-nappes (Mio-Plio-Quaternaire)
- ▨ Les nappes : nappe de flyschs massylien et maurétanien (Crétacé à Paléocène), nappe de flysch numidien (Oligocène-Miocène)
- ▤ Couverture marno-calcaire de la plate forme constantinoise (Crétacé-Eocène)
- ▧ Calcaires néritiques de la plate forme constantinoise (jurassique-Crétacé)
- ▩ Péni-tellien et tellien de type Babor ((Jurassique-Eocène)
- ▨ Marno-calcaires des Sellaoua (Crétacé-Miocène)
- ▩ Calcaires et marnes de l'avant-pays (Jurassique-Miocène)
- ▧ Formations évaporitiques du Trias
- ▨ Olistostromes à flyschs (Oligo-Miocène)
- ▩ Socle et dorsale

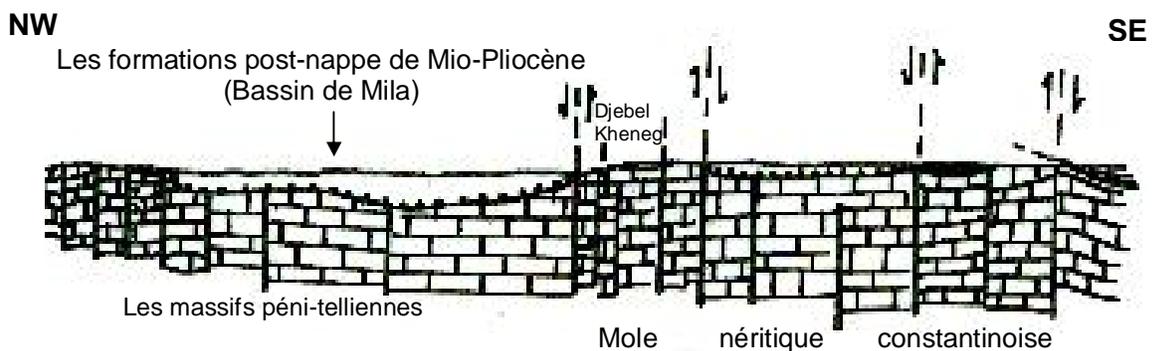


Fig. II-3 : carte et coupe géologique montrant la disposition de la formation post-nappe du bassin de Mila (D'après, J.M.Vila ; 1980)

## **II-6- Les phases tectoniques : (Fig.II-4)**

### **II-6-1- Introduction :**

Si la période pré-tectogénique a commencé dès le Trias, la chaîne alpine d'Algérie s'est surtout structurée au cours des phases tectoniques tertiaires. Cette structuration est rattachée à la fermeture du sillon des flyschs dont le continu a été expulsé et largement charrié au dessus des zones externes (N.Kazi.Tani, 1986).

### **II-6-2- Les phases tectoniques mésozoïques :**

Dans les zones externes de la chaîne alpine d'Algérie orientale, les événements tectoniques mésozoïques sont peu étudiés.

Au Jurassique inférieur, la distension se poursuit et provoque une subsidence différentielle qui persiste jusqu'à la fin du Crétacé inférieur, avec la structuration générale E-W caractéristique des bassins maghrébins (G.Durozoy,1960 ; C.Voute,1967 ; N.Kazi-Tani,1986).

La tectonique mésozoïque est mise en évidence par des variations de faciès, des lacunes de dépôts et des discordances angulaires.

Deux phases tectoniques localisées au passage Jurassique-Crétacé et au Crétacé supérieur sont souvent citées par les auteurs (M.Durand.Delga, 1955 ; R.Guiroud, 1973 ; M.Leikine, 1974).

#### **II-6-2-1- La phase du Jurassique supérieur :**

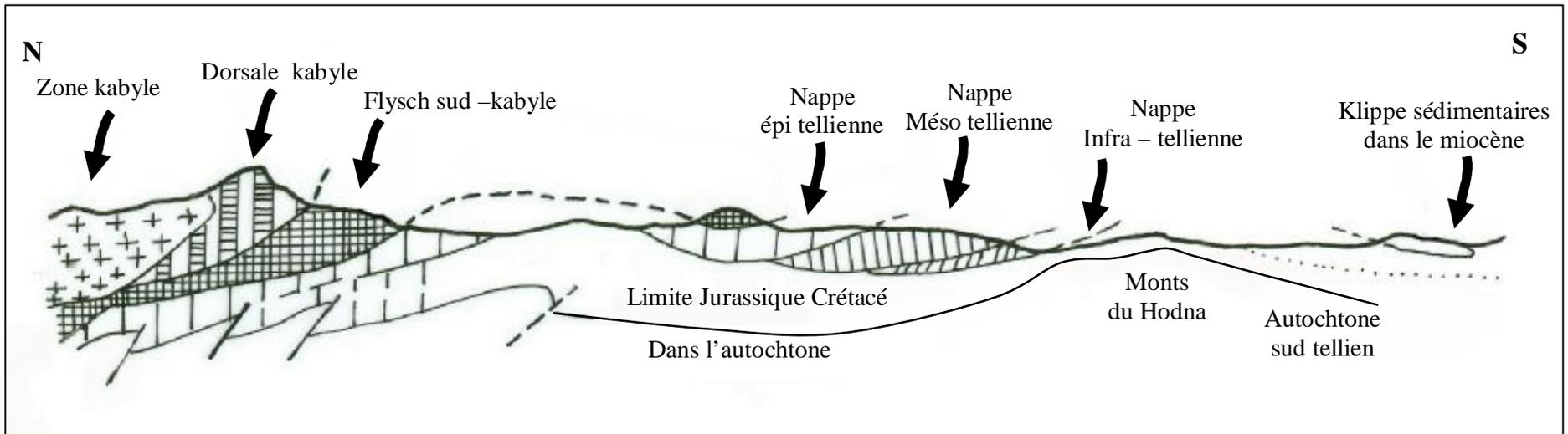
Cette phase souligne la fin d'une période distensive et subsidente qui caractérisait le Jurassique inférieur et moyen (J.Proust et al, 1977).

L'importance de cette phase tectonique est surtout attestée par des discordances angulaires qui marquent la base du Crétacé inférieur (M.Durand.Delga, 1955).

#### **II-6-2-2- La phase Anté-Sénonienne :**

Cette phase correspond à une phase de compression associée à des plis E-W (M.Durand.Delga, 1955 ; P.Deleau, 1939).

Les structures issues de cette phase, sont souvent déversées vers le sud et sont liées à des discordances, des lacunes et des intercalations détritiques.



**Fig .II-4:** Coupe géologique schématique illustrant les relations structurales entre les différentes unités de la chaîne alpine d'Algérie nord orientale (d'après M.Durand Delga, 1969)

### **II-6-3- Les phases tectoniques Tertiaires :**

Dans la plate forme du Constantinois, la période tectonique a été marquée essentiellement par deux phases importantes de mouvements :

#### **II-6-3-1- La phase Fini Lutétienne :**

Une phase assez générale se place vers la fin du Lutétien : c'est la phase atlasique (R.Guirand, 1973) ; fini-lutétienne (M.Durand.Delga, 1969 ; J.F.Raoult, 1974) ; priabonienne (J.M.Vila, 1980).

Deux grandes directions d'accidents caractérisent cette phase l'une NS et l'autre NW-SE (J.P.Bouillin, 1977) et des plissements de direction NE-SW (J.M.Vila, 1980). Généralement toute la déformation rattachée à cette phase et dont les structures sont d'origine compressive.

Cette phase aurait structuré la chaîne calcaire (ou dorsale kabyle), les flyschs et les séries telliennes en grandes lames ou en plis couchés à vergence sud, avec les unités les plus internes en position plus haute.

Les travaux de J.P.Bouillin (1971-1978) dans les zones internes de la chaîne alpine d'Algérie apportèrent des observations précises sur la tectonique et la structure des zones internes du Constantinois. En mettant en évidence la superposition d'évènements tectoniques dans le temps, il conclut à l'existence d'une tectonique continue de la fin du Lutétien au Burdigalien moyen.

#### **II-6-3-2- La phase Miocène :**

Cette phase Miocène est aussi une phase de compression. Elle est caractérisée dans toute l'Algérie Nord orientale par un raccourcissement de direction N-S, elle aurait débuté plutôt (Burdigalien moyen) dans les zones septentrionales (J.P.Bouillin, 1977).

Pour J.M.Vila (1980), c'est la phase majeure Tortonienne à vergence sud qui est responsable des vastes recouvrements anormaux impliquant les formations postérieures au Burdigalien élevées dont la nappe numidienne. A ces recouvrements anormaux sont associés des décrochements NW-SE et NE-SW.

Le résultat de cette tectonique a donné lieu à un dispositif structural assez complexe, caractérisé par la superposition du socle kabyle sur la couverture sédimentaire, formé par les nappes de flysch charriés sur les formations telliennes.

Cette phase serait, selon J.M.Vila (1980), responsable de la genèse de la « nappe néritique constantinoise », des « unités allochtones des sellaoua », de l' « ensemble sud setifien » et des « unités méridionales à nummulites ».

**II-6-4- La tectonique récente :**

Dans les zones externes de la chaîne alpine d'Algérie orientale, la tectonique post nappe n'a pas fait l'objet d'études détaillées.

Dans le constantinois, J.M.Vila (1980) et P.E.Coiffait (1992), considèrent que les formations liées à la tectonique récente sont représentées par des failles normales, de directions variables, en bordures des massifs calcaires Jurassico-Crétacé.

### **III-1- Présentation géologique du secteur étudié :**

Le secteur étudié, couramment dénommé bassin néogène de Mila est limité au Nord par l'arête montagneuse du M'Cid Aicha et du Sidi Driss, au Sud par le Djebel Akhal et Djebel Grouz, à l'Est par le massif du Chettabah et Djebel Kheneg et à l'Ouest par le Djebel Boucherf et Oukissène (Fig.III-1).

L'une des caractéristiques géologiques du bassin néogènes de Mila, est la prédominance de dépôts détritiques et évaporitiques du Mio-Pliocène. Les terrains constituant le bassin de Mila sont très variés. Ils peuvent être résumés comme suit(Fig.III-2)

#### **III-1-1- Le Trias :**

Les formations du Trias représentent les terrains les plus anciens connus à l'affleurement dans la région. Ils sont essentiellement représentés par des dépôts évaporitiques et argileux.

Il n'affleurent jamais en position stratigraphique normale, mais se présentent en pointements diapiriques et en lames injectées le long des accidents tectoniques. On les voit souvent pointer à travers la couverture Mio-Plio-Quaternaire.

Ces formations Triasiques affleurent dans la région de Sidi Merouane, et au pied des massifs du Kheneg, Djebel Akhal et du Djebel Chettabah.

Du point de vue faciès, il s'agit surtout de masse de gypse et d'argilite bigarrés qui contient le plus souvent des blocs calcaro-dolomitiques.

Les minéraux libres associés au complexe Triasique sont fréquents. Ces minéraux sont pour l'essentiel représenté par du quartz bipyramide, noir, des rhomboèdres de dolomites centimétriques noirs et des cristaux de pyrite le plus souvent oxydés en limonite (Van de Friert, 1955).

#### **III-1-2- Le Jurassique :**

Les formations du Jurassique sont représentées au niveau des massifs bordant le bassin de Mila, notamment aux Djebel Kheneg, Djebel Akhal, Djebel Chettabah, Djebel Kerkara et au Djebel M'Cid Aicha (Durand.Delga,1956 ; Raoult,1974).

Elles forment une épaisse série carbonatée dépassant les 600m. Elles sont caractérisées par des dolomies et des calcaires à silex. Ces formations sont localement associées à des calcaires massifs oolithiques et parfois à des marnes.

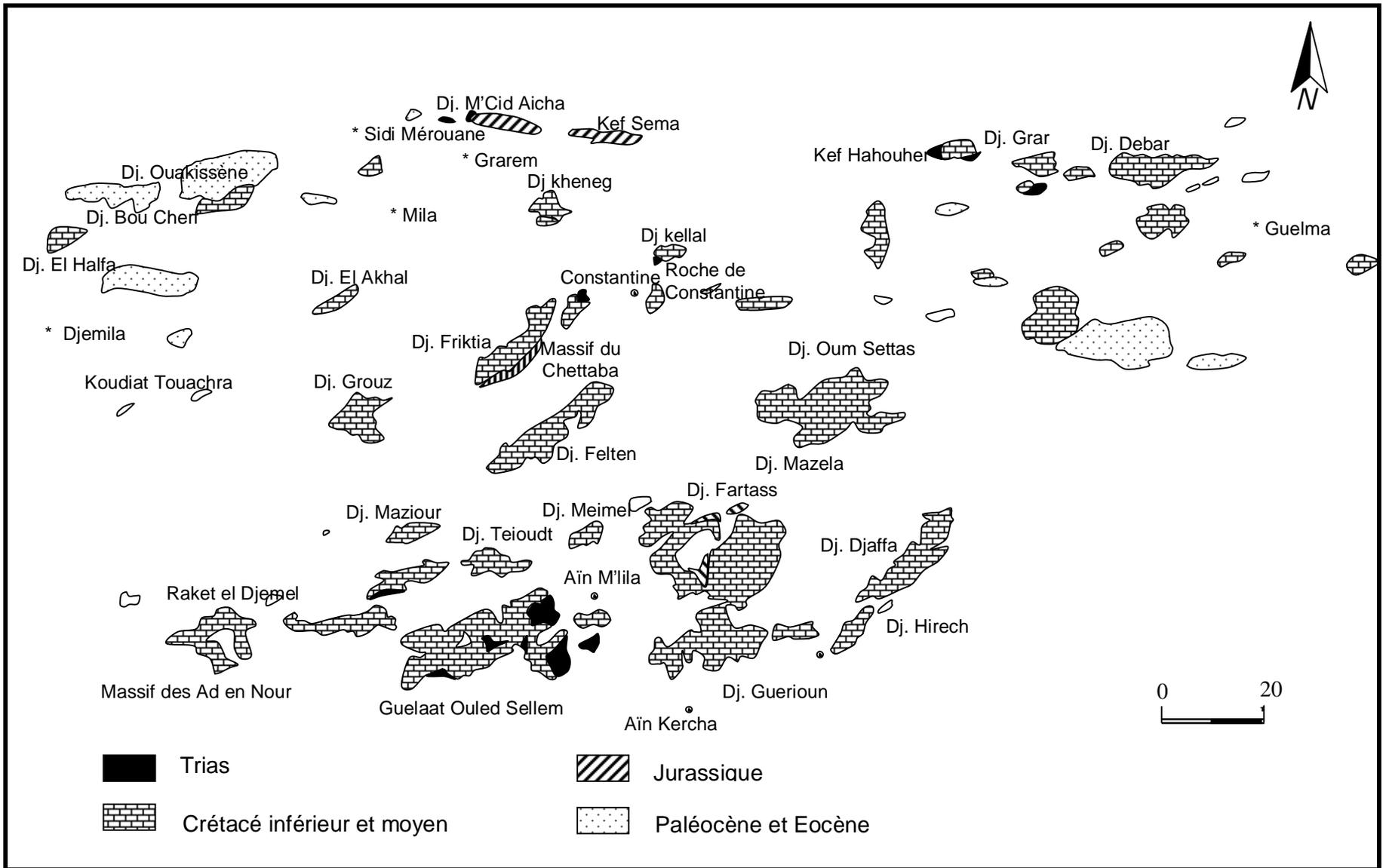


Fig.III-1 : Principaux affleurements des séries néritiques Constantinoises (d'après J.M.Vila, 1980, modifiée)

Le Djebel El Akhal, dominant la localité d'Ain Tin, entre Constantine et Mila, offre la plus belle coupe du Jurassique de la région. Il débute par des calcaires massifs, surmontés de calcaires à silex. Ces roches correspondant vraisemblablement au Lias. Le Dogger est également carbonaté, caractérisé par des calcaires oolithiques massifs alternant avec quelques bancs de dolomies noirs. Le Malm, est formé dans sa partie supérieure de calcaire fins à *calpionelles*. Ces calcaires sont affectés par un phénomène de dolomitisation secondaire important, notamment au Djebel Kheneg, représentées par 300 à 400m de dolomies noirs, grenues massives (Coiffait, 1992). Alors que, la chaîne calcaire du Djebel M'Cid Aicha limitant le bassin de Mila au nord, est constitué d'importantes masses de calcaires liasiques d'épaisseur variable (Durand.Delga, 1956).

### **III-1-3- Le Crétacé :**

#### **III-1-3-1- Le Crétacé inférieur :**

Les formations du Crétacé inférieur sont caractérisées par des marnes et des marno-calcaires. Ces formations sont bien connues au Djebel Akhal, ainsi qu'à l'ouest dans le massif d'Ahmed Rachedi, du Djebel Oukissène, du Djebel Boucherf et du Djebel Halfa et dans la région de Sidi Merouane.

Les formations du Crétacé inférieur débutent par une alternance de marnes, de calcaires gris noir cristallins, parfois bréchiques, et de grès quartziteux gris. La série se poursuit par un puissant ensemble de marnes et de pélites calcareuses.

#### **III-1-3-2- Le Crétacé supérieur :**

##### **III-1-3-2-1- Le Cénomaniens :**

Les formations du Cénomaniens sont représentées par des horizons marno-calcaires de couleur grise et des marnes gris bleutées, parfois gypsifères et des barres de calcaires massifs. Le Cénomaniens est marqué dans sa partie inférieure par une surface durcie.

Ces formations sont connues dans les massifs du Djebel Kheneg, Djebel Grouz, Djebel Zouaoui et Djebel Chettabah.

##### **III-1-3-2-2- Le Turonien :**

Les formations du Turonien comportent essentiellement des marnes et des calcaires à silex, avec des calcaires micritiques en petits bancs, surmontés de marnes grises et de niveaux conglomératiques.

Ces formations affleurent au Djebel El Akhal, au Djebel Kheneg, Djebel Zouaoui et dans le pourtour du massif du Chettabah.

### **III-1-3-2-3- Le Sénonien :**

Seules les formations du Sénonien inférieur sont représentées dans le Djebel Kheneg et Djebel Grouz. Elles sont essentiellement formées d'alternances de marnes et de calcaires (Vila, 1980).

### **III-1-4- Le Paléocène et l'Eocène :**

Au nord de Redjas El Ferrada, la série type du Paléocène et de l'Eocène, est formée par des marnes noires à débit finement feuilleté. Ces marnes contiennent des niveaux à boules jaunes carbonatées, ainsi que des calcaires fétides avec des niveaux de silex noirs (Coiffait, 1992).

### **III-1-5- Le Mio-Pliocène :**

Les formations du Mio-Pliocène recouvrent la majeure partie du bassin de Mila. Elles sont représentées essentiellement par des dépôts détritiques (conglomérats, graviers, sables, argiles) et des dépôts évaporitiques (gypses, anhydrites et sel gemme) et des calcaires lacustres.

Selon Coiffait (1992), la sédimentation au cours du Mio-Pliocène est marquée par des périodes de dépôts et des périodes de non dépôts. D'après cet auteur, trois cycles sédimentaires peuvent être distingués :

#### **III-1-5-1- Le cycle Langhien-Serravalien inférieur :**

Il s'agit de marnes sableuses à intercalations de quelques bancs de grès argileux. Ce sont les argiles de Mila, utilisés généralement en industrie céramique. La base de ce cycle est marine.

Elle a pu être datée avec précision grâce à des foraminifères planctoniques du Burdigalien Terminal, et atteint le Serravalien. Des passés évaporitiques sont connus dans l'Ouest du bassin (région de l'Ouled Kebab à l'Ouest de Mila). Ce cycle est largement représenté dans la région de Mila.

**III-1-5-2- Le cycle Serravalien supérieur (Mellalien supérieur) :**

Il débute par des assises conglomératiques, surmontées par des argiles sableuses rougeâtres, puis dans le nord du bassin, viennent des calcaires lacustres et le sommet se termine par des argiles noires. La découverte de micromammifères a permis de les dater du Mellalien supérieur les parties médianes et terminales de ce cycle. (Coiffait,1992)

**III-1-5-3- Le cycle Turolien inférieur (=Tortonien inférieur) :**

Ce cycle débute par une assise conglomératique suivi par une formation argilo-marneuse. On remarque que dans la partie septentrionale du bassin, la présence des niveaux détritiques et surmontés par une épaisse série de calcaire lacustre.

Par contre dans sa partie sud, le bassin est constitué au sommet par des calcaires à évaporites d'âge Pliocène inférieur. Quant à la partie septentrionale du bassin, ce sont surtout des marnes à lignites d'âge Pliocène supérieur.

**III-1-6- Le Quaternaire :**

Les formations quaternaires sont largement représentées dans le bassin de Mila au niveau des vallées : Oued Rhumel, Oued Endja.

Il s'agit de graviers et des blocs roulés recouverts d'une croûte calcaire feuilletés, dans une matrice limoneuse.

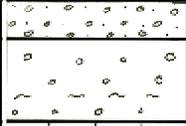
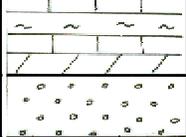
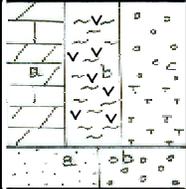
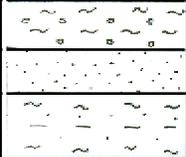
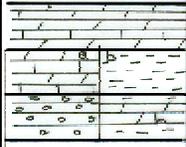
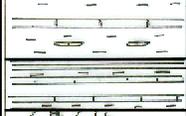
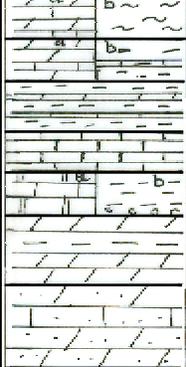
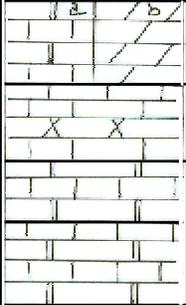
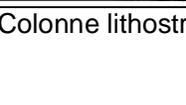
Etage	Coupe lithologique		Caractéristiques des roches
Quaternaire		q	Alluvions anciennes
		P <sup>2</sup>	Conglomérats, grès et argiles
Pliocène		P <sup>1-2</sup>	Calcaires et marnes lacustres avec des intercalations fréquents de bancs d'argiles marneux rosâtres.
			Conglomérats, brèches et grès grossiers
Tortonien-Messinien		m <sup>3</sup>	a- Calcaires marnes noires b- Argiles et roches salifères (gypse et sel gemme) c- Poudingues, conglomérats, grès
Serravalien		m <sup>2</sup>	a- Calcaires pisolitiques, marnes b- Argiles et grès c- Travertins
Burdigalien		m <sup>1</sup>	a- Grès et sables b- Conglomérats bruns jaunes
Oligocène		g <sup>1-2</sup>	Limons et conglomérats
		g <sup>N</sup>	Grès quartzeux
		g <sup>AN</sup>	Argiles, argillites et grès
Eocène		e <sup>4-5</sup>	Marnes avec quelques bancs de calcaires
		e <sup>3-4</sup>	a- Calcaires, marnes b- Argillites, marnes
		e <sup>2</sup>	a- Calcaires phosphatiques à silex b- Argillites et marnes
Paléocène		e <sup>1</sup>	Argiles avec des lentilles de calcaires
		c <sup>5</sup> -e <sup>1</sup>	Argiles et marnes, grès et calcaires
Mastrichtien		c <sup>6</sup>	a- Marnes bruns noires, calcaires et marno-calcaires b- Argiles et argillites
Sénonien		c <sup>3-5</sup>	a- Marnes, calcaires b- Argillites calcaires
Turonien-Sénonien		c <sup>2-6</sup>	Argillites marnes, calcaires
Turonien		c <sup>2</sup>	Calcaires
Cénomaniien		c <sup>1</sup>	a- Dolomie, calcaires dolomitiques b- Argillites conglomératiques, microbrèches
Albien Cénomaniien		n <sup>7</sup>	Marnes, argiles marneuses
Albien		n <sup>6-7</sup>	Marnes, grès calcaires
Aptien		n <sup>5</sup>	Calcaires
Barremien		n <sup>4</sup>	a- Calcaires dolomies b- Marnes argillites+ calcaires
Néocomien		n <sup>3</sup>	Calcaires
		n <sup>2</sup>	Dolomies, calcaires dolomitiques Marnes à nummulites pyriteuses
Jurassique		J <sup>6</sup> -n <sup>1</sup>	Calcaires dolomitiques Dolomies
Trias		t	Marnes bigarrés Gypses, cargneules

Fig.III-2 : Colonne lithostratigraphique synthétique des formations présentes dans le bassin de Mila (d'après, ORGM ; 1999)

#### **IV-1- Introduction :**

Le bassin de Mila, connu souvent sous le nom du bassin de Mila-Constantine, est une vaste dépression de quelques quarantaines de Km de largeur et de 120km de longueur, correspond à un remplissage d'une dépression par des dépôts néogènes. Ces dépôts néogènes forment la couverture d'un substratum formé par un empilement de nappes de flysch et de séries telliennes généralement allochtones. Le substratum tellien de ce bassin peut parfois affleurer à la faveur de l'érosion. Les caractéristiques lithologiques de ces dépôts néogènes sont le résultat d'une synthèse à partir des travaux géologiques récents de Coiffait (1992) et des observations de terrain recueillies au niveaux de différents sites (Fig.IV-1).

#### **IV-2- Description lithostratigraphique :**

Les dépôts néogènes du bassin de Mila comportent les termes suivants :

##### **A/ Terme I :**

A la base, les argiles grises gypsifères de l'Oued Mila reposent sur un substratum tellien, soit directement, soit par un ensemble détritique à dominante argileuse. Cet ensemble détritique contient des galets de teinte généralement rouge vif moins souvent brune. Il apparaît localement en boutonnière au niveau de l'Oued Metlili.

Ces argiles de base, affleurent largement autour de la ville de Mila, leur partie sommitale est à tendance nettement marine comme en témoignent les argiles à *ostreocrassissima* rencontré au Sud-Est de Mila (Coiffait, 1992).

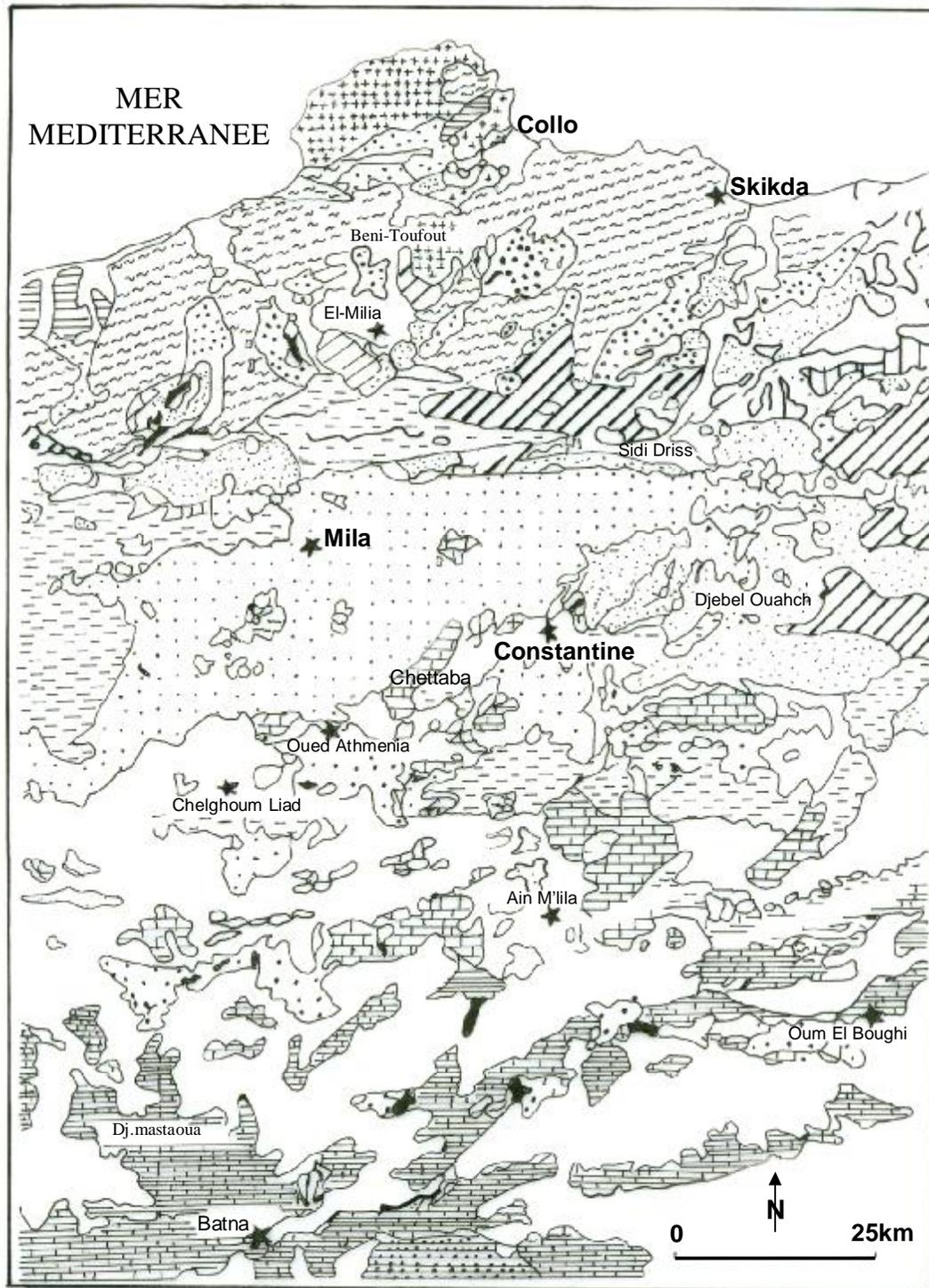
Ces argiles de base sont surmontées par des conglomérats massifs de teinte généralement brune à beige à nombreux galets de marnes telliennes qui s'intercalent dans les argiles de même faciès rencontrées au sud de Gravelotte (x=825.5 ; y=368).

##### **B/ Terme II :**

Ce terme est constitué par un niveau de conglomérat à blocs peu roulés, noyés dans une matrice argilo-sableuse et des passées gréseuses à ciment calcaireux.

Les galets, dont la taille varie de 1 à 30cm, sont empruntés essentiellement au numidien, à l'Yprésien tellien (calcaire et silex) et au flysch massylien (microbrèches). La nature de ces éléments détritiques indique une alimentation méridionale ou orientale non septentrionale (Durand.Delga, 1955).

**Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila**



	Quaternaire		Tertiaire et Sémonien marnés		Oligo-Miocène kabyle
	Mio-Pliocène continental		Jurassique et Crétacé du w. de néritique du Constantinois		Dorsale kabyle
	Mio-Pliocène marin des bassins côtiers		Jurassique du Crétacé des sellaoua et de l'avant pays		Socle kabyle
	Mio-Pliocène marin des sellaoua et de l'avant pays		Numidien		Magmatisme Miocène
			Flyschs		

**Fig.VI-1 : Carte géologique synthétique du bassin de Constantine-Mila (d'après, J.M.Vila , 1980)**

### Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila

La teinte de ces formations conglomératiques est plus rougeâtre au sommet qu'à leur base. Ces conglomérats sont très développés le long de l'Oued Mila (route Mila-Jijel). Les variations de puissance de cette assise s'amenuisent plus au nord : elle a une épaisseur de 50 à 80 m au Sud-Est de Ras el Bir, mais seulement 30 m à 40 m au Sud-Ouest de la même localité. Ces conglomérats reposent d'ailleurs directement sur les marnes éocènes, ce qui témoigne avec netteté de leur caractère transgressif. Vers le Nord-Ouest, leurs épaisseurs diminués encore, mais ils présentent un léger changement de faciès avec à la base, des brèches et des couches à galets et au sommet, une dizaine de mètres de grès calcaire assez fins.

Vers l'Est, ces niveaux changent d'aspect : les faciès grossiers (brèches et poudingues) se réduisent, les molasses et les marnes rougeâtres sont à l'inverse très développées. Ces dépôts conglomératiques de l'Oued Mila, sont attribués au Vallésien-Turolien inférieur (Coiffait, 1992).

#### **C/ Terme III :**

Le terme suivant, c'est des marnes qui sont le plus souvent grises à noires, mais elles peuvent avoir des teintes rougeâtre à violacé.

Ces niveaux marneux contiennent des passées gypseuses qui annoncent le régime franchement lagunaire, qui va se poursuivre par le dépôt de marnes jaunâtres très sableuses à alternances d'argile noire, de grès fins jaunâtres et de calcaire marneux. Les niveaux gypsifères sont : soit en bancs métriques, soit en lentilles de faible épaisseur (comme le cas de la Mechtat Lakfal où l'épaisseur du gypse peut atteindre 20m de puissance). Alors, qu'au niveau de la Mechtat Guettara ( $x=834.5$ ,  $y=364.8$ ), le gypse se présente sous forme de couches subverticales en intercalation dans les argiles rouges, tant que dans la région de Kranga ( $x=834$  ;  $y=364.9$ ) ; le gypse se présente sous forme de deux bancs verticaux séparés par une couche d'argile de 10m d'épaisseur.

Dans la région de Tassala (feuille de Sidi Merouane), le gypse n'est individualisé que dans le Djebel El Dorbane. Il s'agit d'une assise très épaisse de gypse saccharoïde assez pur à intercalation de minces horizons de marnes grises qui soulignent la stratification.

Vers l'Est, la position stratigraphique du gypse est moins claire. On note aussi, la présence d'épaisse formation gypsifères avec des intercalations de marnes grises qui viennent ensuite s'étaler largement de part et d'autre de l'Oued El Mahadjar.

## Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila

Du côté de Redjas El Ferrada, les formations gypsifères forment des niveaux variables suivent les lieux. A l'Ouest d'Ahmed Rachedi (à environ 4km), ces argiles grises ou gris bleu, contiennent des niveaux de sel, avec le sel bleu en dalle de 5cm et le sel rouge de 20cm à 40cm d'épaisseur et du gypse sous formes de cristaux disséminés dans les argiles rouges et contenant de fines plaquettes gréseuses.

### **D/ Terme IV :**

C'est un ensemble de plus en plus détritique formé de :

- a) A la base, de marnes gris brunâtres, passant à des marnes brun jaunâtre, sableuses, alternant avec des bancs de grès jaunâtres à matrice argileuse et à stratification entrecroisée. L'épaisseur de ces formations peut atteindre une vingtaine de mètres.
- b) Au dessus viennent des grès beiges à jaunâtres, avec quelques passées de galets centimétriques en bancs métriques, alternant avec des assises argilo-sableuses.
- c) Enfin, des conglomérats bruns à la base, puis rougeâtres vers le sommet à galets décimétriques noyés dans une matrice grésopélimitique.

### **C/ Terme V :**

Le terme sommital de la série est constitué par une dalle de calcaire travertineux lacustre de 50m à 100m de puissance allant de Ras El Bir jusqu'au village de Sidi Merouane.

Ces calcaires très durs, ont une teinte blanchâtre à rougeâtre, alternant avec des niveaux d'argiles rouges ou orange, plus rarement brunes.

La base de ces calcaires peut être conglomératique, c'est le cas des calcaires de la Mechtat Sidi Mazdad (Nord de Grarem). Vers le haut par contre, ces calcaires lacustres s'enrichissent souvent en gypse dont les niveaux dépassent rarement le décimètre.

### **IV-3- Evolution de la sédimentation Mio-Pliocène du bassin de Mila :**

D'après les travaux récents de Coiffait (1992), les formations lithologiques caractérisant le bassin néogène Constantinois sont principalement dominées par des dépôts détritiques, évaporitiques et carbonatés. (Fig. IV-2)

**Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes de bassin de Mila**

Age	Epaisseur	Colonne stratigraphique	Terme	Description lithologique
Plio-Quaternaire	350		V	Calcaires lacustres, jaunâtres de sommet de la série avec des passées argileuses.
	300		IV	Dépôts détritiques (conglomérats, grès et marnes)
Miocène supérieur	250		III	Calcaire lacustre à passées d'argiles rouges
	200			Marnes argileuses a passées de gypse en bancs
	150			Assise détritique (grès à stratification entrecroisée)
Miocène inférieur	100	II	Assise conglomératique à matrice argilo-sableuse de couleur rougeâtre	
	50		I	Marnes grises de base avec des argiles sableuses et des passés de grès argileux.
	0			

**Fig.IV-2** : Colonne stratigraphique des dépôts néogènes du bassin de Mila (D'après, P.E.Coiffait, 1992)

## Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila

Selon cet auteur, ces dépôts accumulés durant le Mio-Pliocène montrent une grande hétérogénéité dans leur répartition spatiale et temporelle. Ces dépôts sont également marqués par une grande variabilité de faciès et d'épaisseur.

L'analyse lithologique et séquentielle des dépôts du bassin néogène constantinois, laisse apparaître que la sédimentation durant le Mio-Pliocène dans ce bassin était dominée par des accumulations de matériaux détritiques et des dépôts évaporitiques. Cette sédimentation est marquée par des cycles de dépôts et des cycles de non dépôts sédimentaires (lacunes).

Ces cycles de dépôt et de non dépôt sédimentaire présentent une grande analogie avec la sédimentation en milieu lagunaire.

Par ailleurs, cet auteur fait remarquer que ce bassin était individualisé en plusieurs petites lagunes et subissait des influences marines de plus en plus marquées, notamment dans ses parties Ouest où s'observent des dépôts de marnes à huîtres.

Dans le bassin de Mila, les dépôts comportent trois cycles sédimentaires qui sont formés de bas en haut :

- 1- Un premier cycle, correspond à des marnes sableuses rougeâtres avec des passés de grès molassiques.
- 2- Un deuxième cycle subdivisé en deux ensembles :
  - Un ensemble inférieur représenté par des conglomérats de base atteignant plusieurs dizaines de mètres de puissance. Les éléments sont de grosse taille, le plus souvent mal roulés, enrobés d'argiles et de sables. Les éléments remaniés sont composés en majorité de grès.
  - Un ensemble supérieur correspond à une formation conglomératique moins épaisse contenant des galets de grès associés à d'autres éléments de calcaires fins du Crétacé et des argiles. Cet ensemble est surmonté par un ensemble sableux qui peut dépasser la centaine de mètres de puissance et des dépôts de couches à gypse stratifié. Ces Séries sont datés du Miocène supérieure (Coiffait, 1992).
- 3- Un troisième cycle, correspond essentiellement à des calcaires lacustres blanchâtres à rosâtres, incluant des passées de marnes grises ou rougeâtres. L'âge de cette série est rapporté au Pliocène (Coiffait, 1992).

## Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila

Les caractéristiques lithologiques des dépôts du bassin néogène constantinois et leur variation dans l'espace permettent d'envisager plusieurs zones de sédimentation au sein de ce bassin :

- Des zones relativement peu profondes, il s'agit d'endroit où s'accumulaient les matériaux détritiques grossiers (conglomérat, graviers et sables).
- Des zones profondes qui favorisent les accumulations des particules détritiques fines (argiles et siltes).
- Des zones très peu profondes correspondant aux dépôts de calcaires lacustres.

Les dépôts argileux, caractérisant les zones profondes peuvent montrer des intercalations rythmiques et répétées avec les dépôts évaporitiques. Ces intercalations de type rythmiques, ont des épaisseurs variables et peuvent traduire un ancien niveau d'évaporation.

L'importance de ces dépôts détritiques (conglomérats, grès) traduit un climat chaud continental à périodes de pluies violentes, alternant avec des périodes de sécheresses. Par contre la sédimentation marneuse serait mise en place sous un climat froid.

Enfin, le développement d'une morphologie filonienne des dépôts évaporitiques postérieure aux dépôts en couches de gypses et de sel gemme, traduit une activité tectonique récente dans le bassin néogène constantinois.

### **IV-4- Histoire paléogéographique des dépôts Mio-Pliocène:**

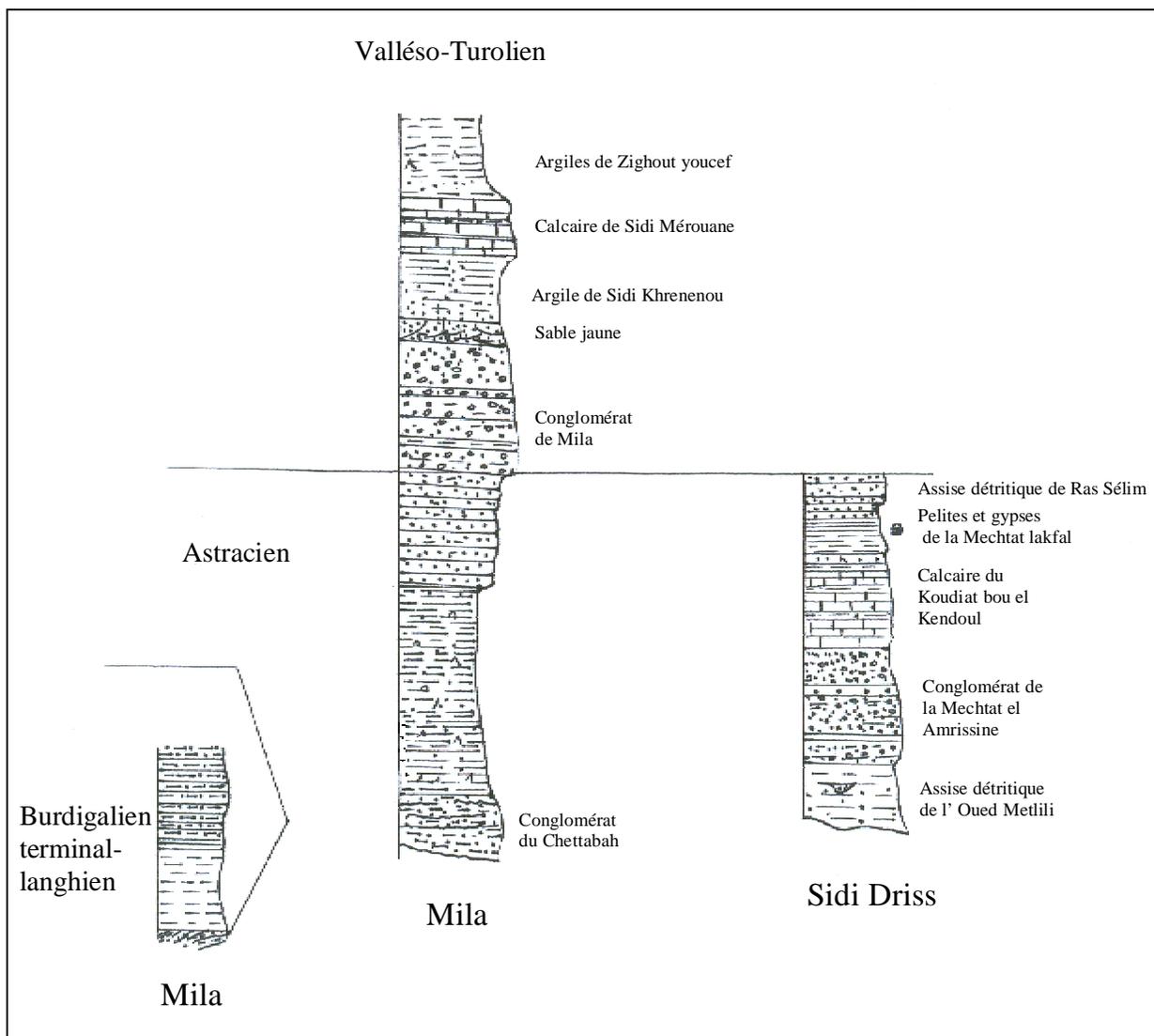
D'après les données de la littérature, les dépôts qui combleront le bassin de Mila débutent localement par des formations marines d'âge Burdigalien Terminal- Langhien. Ces formations passent vers le haut à des formations continentales Miocènes et Plio-Quaternaire.

Au Burdigalien, la mer recouvre la plate forme constantinoise, mais la submersion n'est pas totale car de nombreuses régions restent émergées, dont les massifs anciens septentrionaux. Cette émergence a été accompagnée d'une érosion très importante. Ce cycle du Burdigalien Terminal-Langhien est géographiquement réduit, contrairement au cycle Astaracien qui est bien développé. (Fig.IV-3)

Ce dernier caractérisé par l'assise détritique de Rar Selim et les pélites à gypses de la Mechtat Lakfal marque bien la limite Serravalien-Tortonien (Coiffait, 1992).

### Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila

L'assise des marnes à *Ostreocrassissima* caractérise l'Helvétien (Coiffait, 1992). A mesure qu'on monte dans le Miocène supérieur, les dépôts deviennent lagunaires, puis toute influence marine cesse. Le Constantinois est transformé en un immense bassin fermé, occupé par des lacs temporaires qui sont remblayés par les matériaux grossièrement détritiques provenant de reliefs voisins.



**Fig.IV-3 :** Colonnes lithostratigraphiques caractérisant l'évolution paleogeographique du bassin de Mila (Coiffait, 1992)

#### **IV-5- Aspect morpho structural du bassin néogène de Mila-Constantine :**

Le paysage morphologique actuel du bassin de Mila-Constantine est représenté par une série de reliefs carbonatés émergeant des formations néogènes. Cette configuration morpho structurale est le résultat d'un l'héritage tectonique anté-mise en place des dépôts néogènes. Avant la mise en place des dépôts néogènes, le substratum du bassin de Mila, formé par les séries carbonatées du mole néritique Constantinois sur lesquelles reposent les nappes de charriages a été morcelé par une série d'accidents tectoniques cassants d'ampleur régionale. Ces accidents tectoniques, dominés par des directions Nord- Sud, Est- Ouest, Nord Est- Sud Ouest et Nord Ouest- Sud Est ont donné des structures en Horsts et demi-Horsts. (Fig.IV-4)

Après le remplissage des dépressions par les dépôts néogènes, la réactivation du jeu de ces accidents et dont l'activité se poursuit jusqu'à présent a abouti à la configuration morpho structurale actuelle du bassin néogène de Mila. Ces accidents ont par ailleurs, grandement favorisé la remontée des formations Triasiques. Cette remontée qui a engendré le redressement à la verticale et parfois le renversement des massifs carbonatés a également contribué au modelage du paysage morphologique du bassin néogène de Mila.

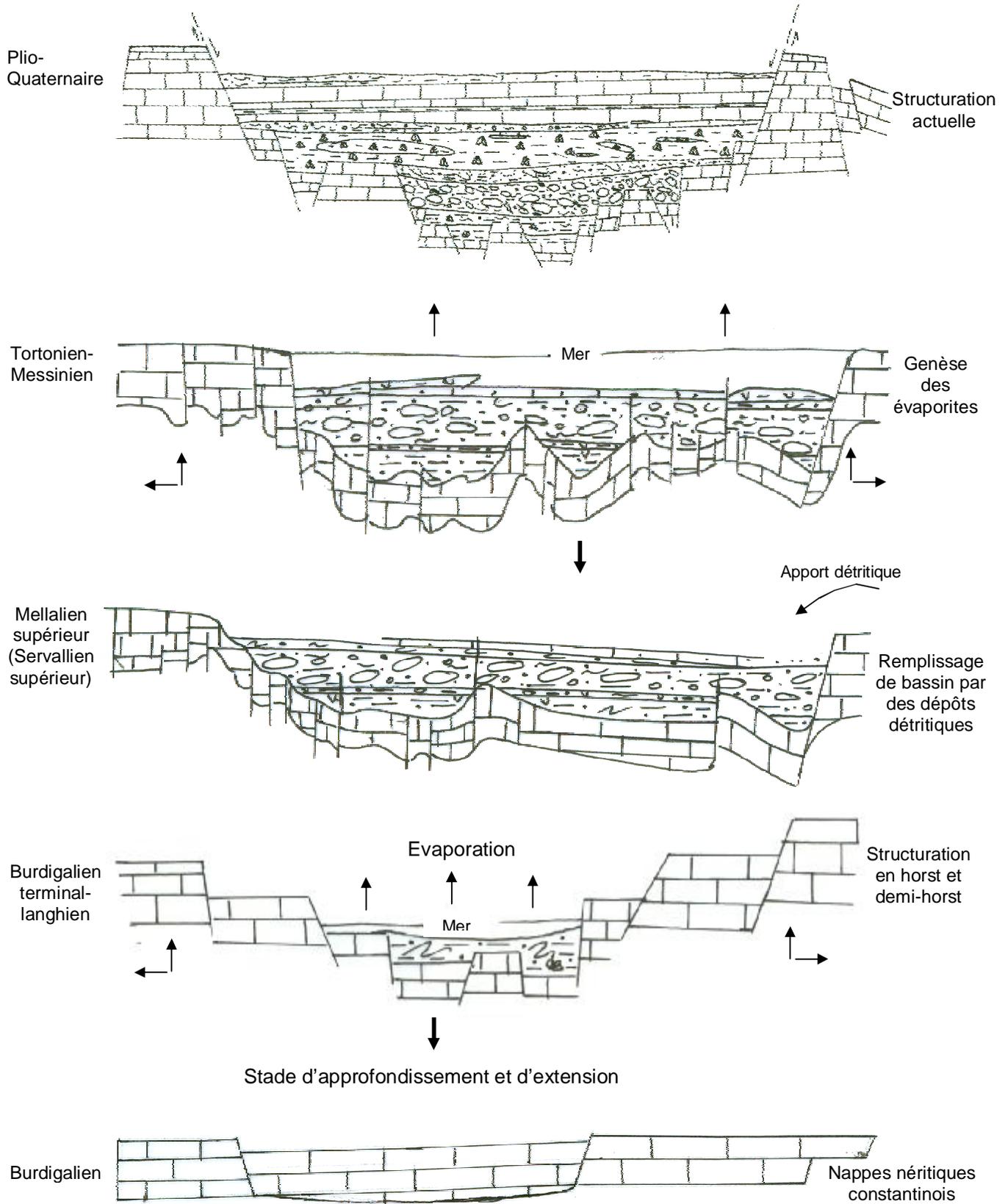
Les zones de faiblesse des grands accidents tectoniques définissent les traces des Oueds, des chaabats et des talwegs. C'est l'exemple de l'Oued Rhumel- Kebir qui traverse le bassin, pace par la partie centrale de bassin suivant la direction EW puis change la direction suivant la NS (de Sid Merouane-El Milia).

Ces grands accidents tectoniques qui affectent aussi bien des formations de substratum et des dépôts néogène sont accompagnés par un réseau douce des fractures et des diaclases qui ont joué un rôle favorable pour le dépôt des roches évaporitiques secondaires.(Planche I)

La néotectonique et la tectonique récente du bassin néogène de Mila-Constantine se sont manifestées essentiellement par des décrochements et des chevauchements et des plissements liés à une phase de compression Plio-quatenaire (Coiffait, 1990).

A propos des plissements observés à proximité de la bordure septentrionale au nord de bassin.

**Caractéristiques lithologiques des dépôts néogènes du bassin de Mila**



**Fig.IV-4 :** Modèle schématique des dépôts laguno-continentale du bassin de Mila

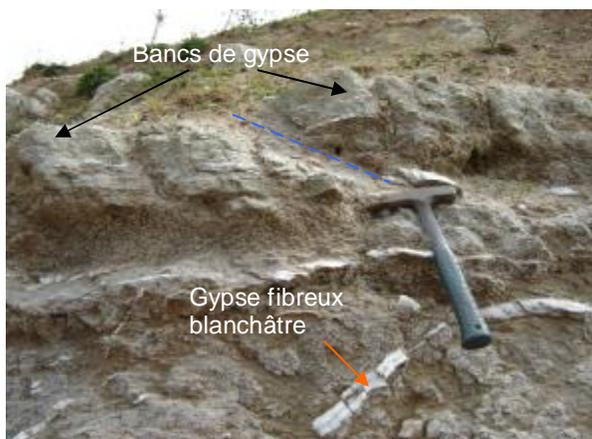
**Planche.I : Relation entre la néotectonique et les dépôts évaporitiques secondaire**



**Photo.01:** Une zone tectonique montrant la recristallisation de gypse fibreux en plusieurs directions, au niveau de gisement de Guettara



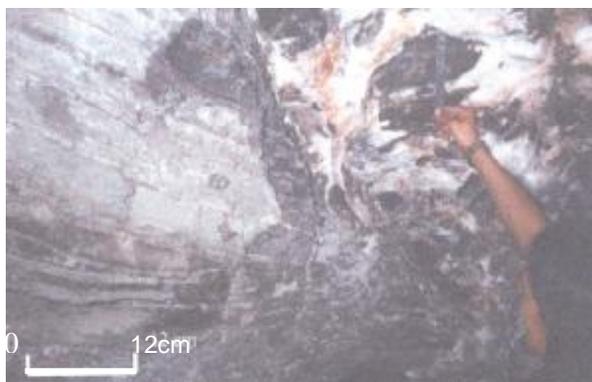
**Photo.02:** Les principales directions de remplissage gypsifère dans le gisement de Guettara



**Photo.03:** L'effet de la tectonique cassante dans les couches gypsifères de la région de Grarem- Ouest



**Photo.04:** Le remplissage de gypse fibreux dans l'encaissant argileux du gisement de Grarem-ouest



**Photo.05:** Le remplissage des fractures par un mélange de sel gemme et d'argile, dans le gisement d'Ahmed Rachedi



**Photo.06:** Une veinule de sel gemme sécante aux alternances des lits de sel gemme et d'argile, au remplissage d'une petite faille avec un décapage vertical de l'ordre de quelques cm.

**Les chevauchements :**

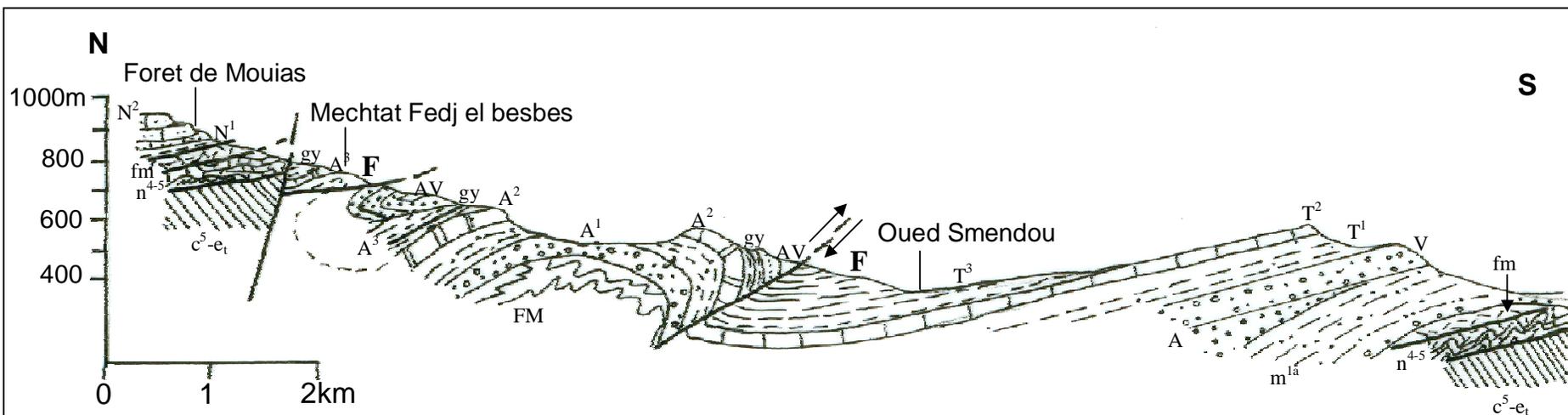
Les chevauchements observés dans le bassin de Mila sont liés à la rejeu de plissements. Au pied de Djebel Sidi Driss, deux chevauchements peuvent être observés dans les terrains néogènes : l'anticlinal de la M<sup>at</sup> Guettara ou les calcaires du Serravalien supérieur de la Koudiat bou El Kendoul reposent directement sur le flysch à affinité maurétanienne et chevauchent vers le sud, les argiles et les conglomérats du synclinal (orienté Est-Ouest), au cœur duquel coule l'oued Rhumel (Coiffait, 1992), et le chevauchement de Sidi Merouane, qui amène le numidien du chaînon de Zouara reposer sur le Miocène du bassin de Constantine (Fig.IV-5).

Au Nord-Ouest de Sidi Merouane, des calcaires datés du Miocène et présentant des pendages très inclinés, indiquent un enfoncement sous les marnes Eocènes plus septentrionales, mais le contact est très redressé (Durand.Delga, 1969) (Fig.IV-6).

L'Oligocène du chaînon de Zouara est fort disloqué et des lames Triasiques arrivent à le percer et amènent en surface de minuscules paquets arrachés aux couches traversées : marnes Sénoniennes, ou Eocène et aussi des fragments empruntés au néogène chevauché (Durand.Delga, 1969).

La série néogène sur la rive gauche de l'Oued El Mahadjar s'est renversée presque à l'horizontale, elle est surmontée par les grès numidiens qui sont extrêmement basculés et qui seraient probablement désolidarisés de leur substratum marneux.

A l'intérieur du bassin néogène et plus précisément au douar Arrès, il y a deux structures à l'Est de la M<sup>at</sup> El Betoum ou les marnes éocènes semblent former l'axe d'un petit anticlinal couché vers le Nord et une faille de direction ENE-WSW, traverse les formations Miocènes et probablement Eocène (Fig.IV-7).



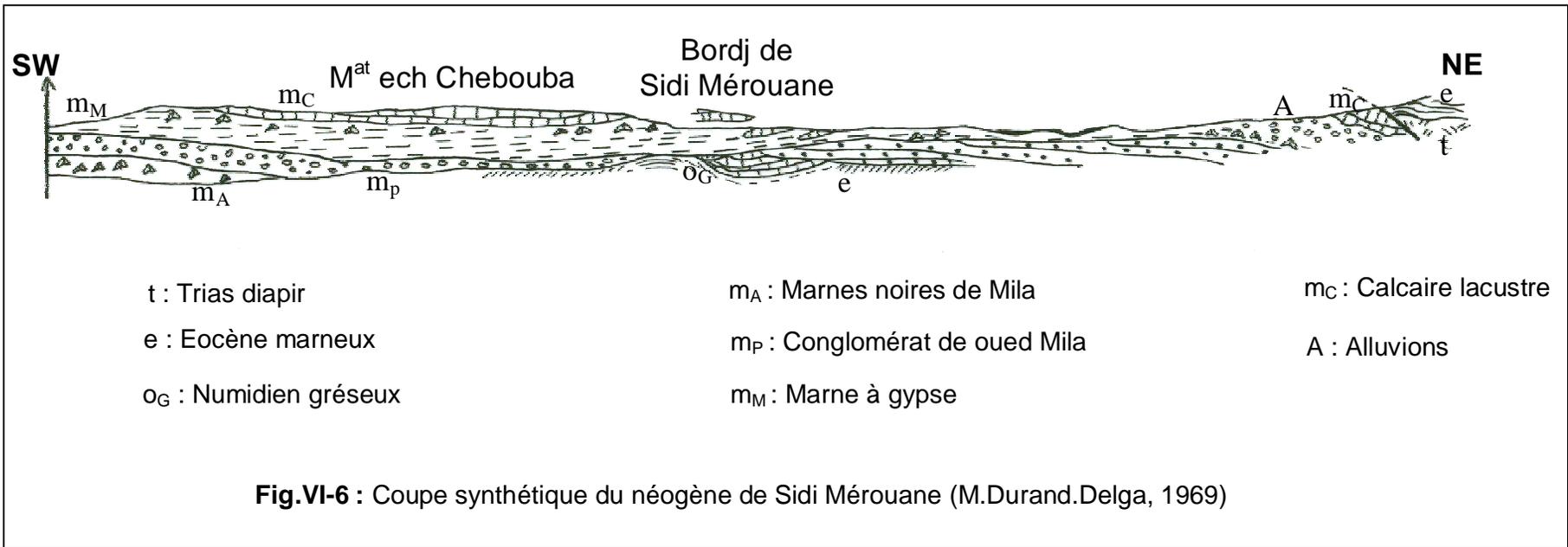
**Fig.VI-5 :** Coupe géologique illustrant les différents contacts structuraux de la partie nord du bassin de Contantine- Mila (P.E.Coiffait)

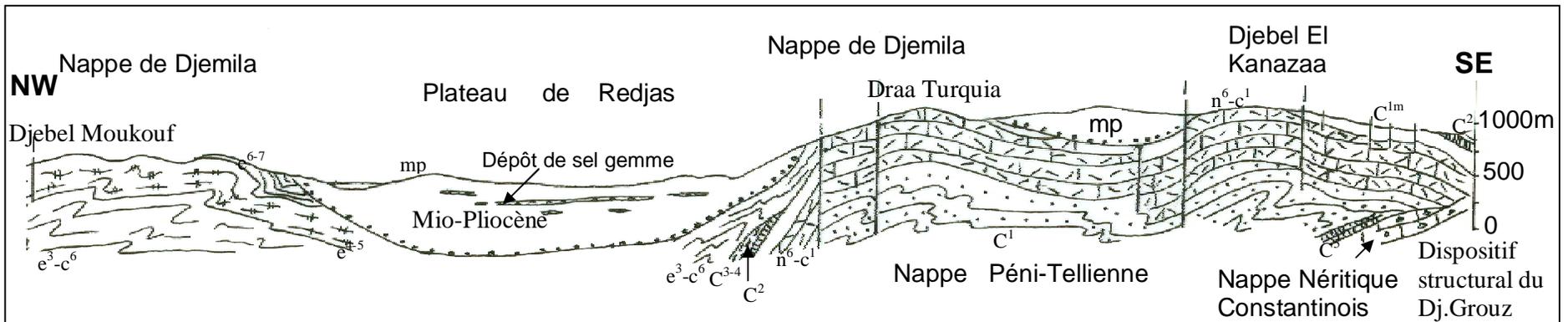
**Séries néogènes de bassin de Mila-Constantine :**

**Séries du substratum :**

- N<sup>2</sup>- grès numidiens
- N<sup>1</sup>- argiles sous-numidiennes
- fm- flysch massylien
- FM- terrains à affinité maurétanienne
- n<sup>4-5</sup>- Barrémo-aptien ultratellien : marno-calcaires et marnes
- c<sup>5</sup>-e<sub>t</sub>- Crétacé supérieur et Eocène telliens

- T<sup>3</sup>- Turonien inférieur : marnes et calcaires lacustres- formation de Sidi Mérouane
- T<sup>2</sup>- Turonien inférieur : calcaires lacustres- formation de Sidi Mérouane
- T<sup>1</sup>- 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)
- A<sup>3</sup>- Astaracien à Turonien : pélites foncées
- A<sup>2</sup>- Astracien : calcaires lacustres- formation de la Koudiat bou el Kendoul
- A<sup>1</sup>- Astracien : conglomérats rouges- formation de la M<sup>at</sup> el Amrissine
- A - Astracien probable : formation des conglomérats du Kef en Nsour
- m<sup>1a</sup> – Burdigalien terminal- Langhien : argiles de Mila





**Fig.VI-7 :** Coupe descriptive de la région de Redjas El Ferrada (J.M.Vila, 1980)

**Légende :**

- C<sup>1-2</sup>- Cénomaniens supérieur et Turonien : calcaires massifs à Rudistes et biomicrites
- C<sup>5</sup>- Companien supérieur : biosparites à roselines
- C<sup>1</sup>- Crétacé inférieur indifférencié du Djebel bou Cherf (Hautérivien à Albien)
- C<sup>1m</sup>- Cénomaniens : marnes claires à rotalipores
- n<sup>6</sup>-c<sup>1</sup>- Albien supérieur à Cénomaniens : barre calcaire biodétritique à silex noirs
- C<sup>1c</sup>- Cénomaniens supérieur : marnes micrites à rotalipores et lumachelles
- C<sup>2</sup>- Turonien : silex en bancs minces a la base
- C<sup>3-4</sup>- Sénonien inférieur : alternances de marnes et de marno-calcaires
- e<sup>6-7</sup>- Lutétien supérieur à Priabonien : marnes grises ou noires à boules jaunes
- e<sup>4-5</sup>- Yprésien- Lutétien inférieur : calcaires massifs bitumineux blancs à cassures noire et silex noirs
- e<sup>3</sup>-c<sup>6</sup>- Maestrichien à Paléocène : marnes noires indifférenciées, parfois à boules jaunes
- mp- Mio-Pliocène continental : argiles grises à intercalation de sel, conglomérats variés, calcaires lacustres.

**V-1- Aperçu sur les époques évaporitiques en Algérie :**

En Algérie, quatre époques évaporitiques importantes et d'intensité décroissante ont pu être mises en évidence :

- Une époque évaporitique triasique.
- Une époque évaporitique sénonienne.
- Une époque évaporitique nummulitique.
- Une époque évaporitique plio-quadernaire.

**A/ Epoque évaporitique du Trias :**

En Afrique du Nord, le Trias marno-gypso-salifère a été reconnu depuis longtemps (Glangeand, 1932 ; Durand .Delga, 1955 ; Caire, 1957). Il s'agit le plus souvent de Trias supérieur.

La première époque salifère du Trias supérieur est liée à la transgression marine triasique, qui a recouvert progressivement l'Afrique du Nord et la partie septentrionale de la plate forme saharienne. Malgré la péné-planisation des reliefs, cette transgression à caractère lagunaire et laguno-marin présente d'importantes variations des dépôts dues à l'existence des zones hautes partiellement émergées et des fosses à forte subsidence et sièges d'éruptions volcaniques basiques synsédimentaires.

Sur le plan tectonique ces évaporites ont joué un rôle important. En effet, elles ont servi de semelles glissantes aux « charriages » de l'orogénèse alpine.

Au Trias inférieur, les mouvements différentiels de réajustement avec rejeux de fractures profondes et anciennes, affectent la plate forme saharienne et sont accompagnés d'éruptions volcaniques basiques.

Les zones hautes du domaine atlasique (mole néritique et la Kabylie) restent émergées. Les dépôts détritiques (conglomérats et grès) se forment en bordure de ces zones sans manifestations diapiriques.

Au Muschkalk, la sédimentation se caractérise essentiellement par des dépôts d'argile et de calcaire marquant ainsi la vaste transgression marine du Trias moyen.

Au Keuper, le régime lagunaire s'installe sur l'ensemble de l'Algérie. Trois domaines se différencient du Sud vers le Nord :

- a) Le domaine continental du Sahara central et occidental avec des dépôts de grès et d'argile passant progressivement au Nord aux dépôts lagunaires.

## Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila

- b) Le bassin salifère du Sahara septentrional, développé au Nord d'une ligne passant par El Goléa-Rhourde Nouss et séparé peut être par le domaine atlasique par une zone de hauts fonds. Dans ce bassin très subsidés ou plus de 1000 mètres de sel gemme se sont déposés. Les hauts fonds n'ont plus d'influence sensible sur la sédimentation. L'absence de coulées volcaniques indique une tranquillité tectonique. Il est à noter le rôle important de cette couverture salifère pour le piégeage des hydrocarbures.
- c) Le domaine atlasique nettement différencié de celui de la plate forme. Les mouvements tectoniques sont très actifs pendant le Trias surtout le rejeu de failles (probablement hercyniennes) et qui a été accompagné par des éruptions volcaniques, l'accident sud-atlasique aurait été activé à cette époque. Dans ce domaine trois zones de sédimentation peuvent être distinguées :
- Le bassin salifère se développant sur l'ensemble de l'atlas saharien jusqu'aux Monts des Aurès à l'Est où se déposent les évaporites avec épanchement de laves basiques à structure doléritique.
  - La mole Oranais, en partie émergée, bordant au Nord le bassin salifère atlasique. Il s'y dépose une formation volcano-détritique.
  - Enfin au Nord, un vaste zone laguno-marine se caractérisant par de puissants dépôts à faciès germanique (argiles bariolées, cargneules, dolomies, anhydrite, argile, peu de sel, roches volcaniques).

### **B/ Epoque évaporitique Sénonienne :**

Après une longue période essentiellement continentale au Sahara et plus ou moins marine en Algérie du Nord, l'Afrique du Nord est recouverte par la mer jusqu'à l'atlas saharien. Le Sahara au Crétacé n'était donc pas un désert comme aujourd'hui.

Les conditions lagunaires apparaissent de nouveau au Néocomien sur une partie du Sahara septentrional et à l'emplacement de l'atlas saharien, mais l'instabilité des lagunes ne permet pas un cycle continu de sédimentation évaporitique (dépôt de gypse uniquement) (Busson, 1969).

Au Cénomanien, la mer envahit la plate forme saharienne sur un millier de kilomètres du Nord au Sud, depuis la Berbérie jusqu'au plateau de Tinrhert et aux contre forts du Hoggar.

## **Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

Après une régression du Turonien supérieur, la mer revient sur les mêmes lieux, dans la région du plateau de Tinrhert. La nouvelle transgression est marquée par un dépôt de sel massif de 250mètres d'épaisseurs, suivi de couche d'argile, d'anhydrite et de dolomie, puis de calcaire argileux.

Au Sénonien supérieur, les lagunes occupent une superficie très étendue de la plate forme saharienne et de l'atlas saharien. La présence de niveaux carbonatés et de dépôts de sel gemme avec l'anhydrite indique un régime laguno-marin. A partir du Sénonien, les lagunes n'existent que sur la plate forme saharienne ou deux bassins salifères s'installent :

- a) Le bassin salifère de Béchar avec une puissance formation de sel gemme et peu de gypse et d'anhydrite (450 a 500m) caractérisé par sa subsidence.
- b) Le bassin de l'oued Mya avec une formation salifère à la base (100m) et une formation d'anhydrite intercalée de marnes, de calcaires et de dolomie au sommet.

En Algérie du Nord, du gypse se dépose localement notamment sur les hauts plateaux oranais.

### **C/ Epoque évaporitique Nummulitique :**

Les mers chaudes à Nummulites recouvrent l'Afrique du Nord. Elles dessinent trois grands golfes, dont le plus important est celui qui traverse le Sahara algérien. La mer va se retirer du Sahara à la fin de l'Yprésien, en se maintenant en Afrique du Nord. (Furon, 1972)

Au Nummulitique, les conditions laguno-marine persistent par endroit. Les dépôts salifères sont rares et peu importants, par contre le gypse se dépose en couches puissantes dans la région du Hodna (400m).

Après la phase tectonique de la fin du l'Eocène, la mer s'était retirée du Sahara proprement dit. A la fin du Lutétien, elle régresse encore, laissant d'importants dépôts de gypse dans le Sud du département de Constantine (Flandrin, 1938) et dans le sud de l'Aurès (Laffitte, 1938).

### **D/ Epoque évaporitique Plio-Quaternaire :**

Au Pliocène, des mouvements orogéniques et épi orogéniques importants se manifestent.

### **Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

Le plio-quadernaire est caractérisé par une fermeture totale des bassins et la formation de chotts, situés dans les dépressions importantes, s'accumule des dépôts continentaux post-orogéniques avec d'importantes concentrations de sel gemme prévenant des niveaux salifères du Miocènes et du Trias.

A cette époque de plio-quadernaire, le lessivage est lié à des eaux de ruissellement, qui s'accumule au centre de ces chotts, puis suite au phénomène d'évaporation durant les périodes sèches, il y a dépôt d'évaporites.

## V-2- La sédimentation évaporitique :

### V-2-1- Introduction :

Les dépôts évaporitiques sont des roches d'origine chimique, résultant de la précipitation (purement physico-chimique) de minéraux dans un milieu de saumures sursaturé.

Les minéraux des évaporites sont représentés par de l'anhydrite, du gypse, de la halite, de la sylvite et de la carnallite. Ces minéraux se forment par évaporation de saumures.

### V-2-2- La genèse des évaporites :

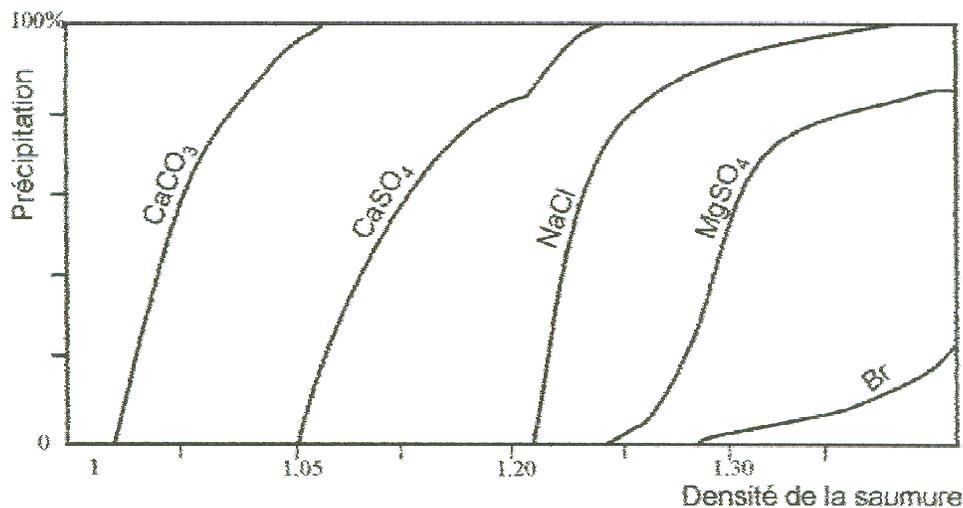
Les évaporites ou roches salines sont constituées d'un groupe de minéraux, d'origine essentiellement chimique, résultant de phénomènes évaporatoires survenant dans différents contextes géodynamiques continentaux ou marins, à partir de fluides variés.

Lorsque l'eau s'évapore, elle dépose les particules détritiques et les ions qu'elle contient précipitent sous forme de sels.

Selon la température et la concentration des sels contenus dans la saumure, le sulfate de calcium est précipité soit sous forme hydratée (gypse), soit sous forme anhydre (anhydrite).

La solubilité : exprimée en gramme de sulfate de calcium dans 1000g d'eau pure, elle est de 1.75g à 0°C. Elle passe par un maximum de 2.1g aux environs de 38°C pour retomber à 1.69g à 100°C. La solubilité du gypse est sensiblement plus forte dans l'eau salée.

Les matériaux déposés constituent une séquence évaporitiques. L'ordre de précipitation des sels est le suivant :  $\text{CaCO}_3$ -  $\text{CaSO}_4$ -  $\text{NaCl}$ -  $\text{MgSO}_4$  sels de Br et K (Fig.V-1).



**Fig. V-1** : L'ordre de précipitation de évaporites (Jaques.beauchamp, 2001)

## Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila

Les minéraux principaux sont le gypse  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ; l'anhydrite  $\text{CaSO}_4$  et l'halite  $\text{NaCl}$ . D'autres minéraux, quoique moins fréquents, peuvent être des constituants importants de certains dépôts salins.

Les évaporites se forment dans les bassins lagunaires des pays chauds et arides. Cependant, les milieux confinés des régions littorales tempérées sont également le siège d'une forte évaporation.

### **V-2-3- Les minéraux de la séquence évaporitique :**

Plusieurs cristaux et parmi les plus beaux spécimens, se forment aussi à partir de solution sursaturées en certains éléments chimiques, c'est-à-dire une solution qui contient plus de sels qu'elle ne peut en dissoudre.

Les cristaux précipitent à partir de la solution selon divers processus. L'évaporation est un de ces processus. Pour comprendre la genèse et la constitution des dépôts évaporitiques, il est nécessaire de revenir à la composition chimique des eaux de mer et des rivières, donnée dans le tableau V-1.

	<b>Eau de rivière moyenne (% du résidu solide)</b>	<b>Eau de mer moyenne (% du résidu solide)</b>
<b><math>\text{HCO}_3^-</math> et <math>\text{CO}_3^{--}</math></b>	<b>48.6</b>	<b>0.4</b>
<b><math>\text{Ca}^{++}</math></b>	<b>12.4</b>	<b>1.2</b>
<b><math>\text{H}_4\text{SiO}_4</math></b>	<b>10.8</b>	<b>0.01</b>
<b><math>\text{SO}_4^{--}</math></b>	<b>9.3</b>	<b>7.7</b>
<b><math>\text{Na}^+</math></b>	<b>5.2</b>	<b>30.6</b>
<b><math>\text{Mg}^{++}</math></b>	<b>3.4</b>	<b>3.7</b>
<b><math>\text{K}^+</math></b>	<b>1.9</b>	<b>1.1</b>
<b><math>\text{Fe}^{++}</math> et <math>\text{Fe}^{+++}</math></b>	<b>0.6</b>	<b>0.01</b>
<b><math>\text{Al}(\text{OH})_4^-</math></b>	<b>0.2</b>	<b>0.01</b>
<b><math>\text{NO}_3^-</math></b>	<b>0.8</b>	<b>0.001</b>
<b><math>\text{Cl}^-</math></b>	<b>6.5</b>	<b>55</b>
<b>Total</b>	<b>99.7</b>	<b>99.73</b>
<b>Salinité</b>	<b>121 ppm</b>	<b>35000 ppm</b>

**Tableau. V-1 :** Abondance relative des ions dissous dans l'eau de mer et l'eau de rivière (d'après Mason, 1966 et Livingstron, 1963)

On voit rapidement que si les rivières contiennent principalement  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{--}$ , avec une proportion moindre de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{H}_4\text{SiO}_4^{-2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^+$  et  $\text{K}^+$ , les océans contiennent en grande quantité du  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ .

## Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila

Un bon exemple est la suite de minéraux qui précipitent quand s'évapore de l'eau de mer. Le schéma qui suit illustre de façon très simplifiée comment se forme cette suite. L'eau de mer contient une panoplie importante d'ion en solution, dont les ions négatifs tels le chlore, et des radicaux négatifs comme  $\text{CO}_3^-$  et  $\text{SO}_4^-$ .

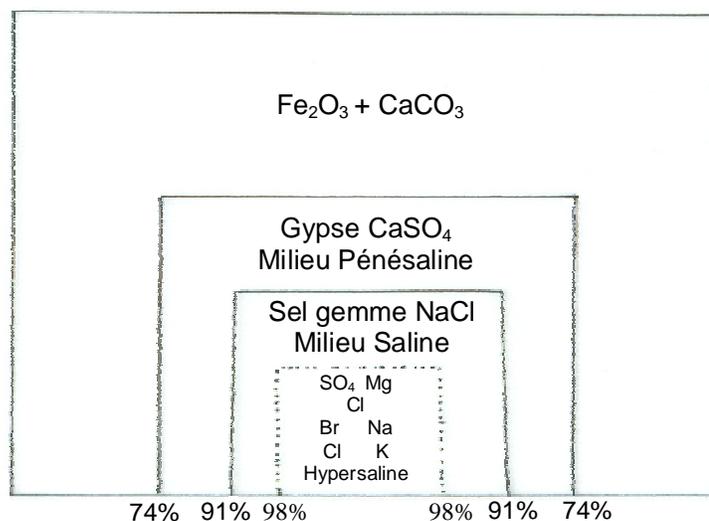
Lorsque l'eau s'évapore, les différents sels contenus cristallisent au fur et à mesure, en commençant par les moins solubles, les sels dissous se déposent en ordre inverse à leur solubilité. L'eau de mer normale a une salinité de l'ordre de 35PPm.

A cette salinité, elle est légèrement sursaturée par rapport au carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  (calcite et aragonite). Ce dernier précipite naturellement et dépose une couche de cristaux de  $\text{CaCO}_3$ .

C'est ainsi que lorsque 74% de l'eau se sont évaporés, le sulfate de calcium commence à se déposer ; la solution est dite pénésaline.

Quand l'évaporation atteint 91%, avec encore une augmentation de la salinité, vient la phase de précipitation du chlorure de sodium  $\text{NaCl}$ . La solution est dite saline.

Il faut qu'elle parvienne à 98% pour que le chlorure de potassium et les sels de magnésium se déposent, la solution est hypersaline.



**Fig.V-2** : Schéma illustre la suite de minéraux quand s'évapore de l'eau de mer

## **Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

La précipitation des minéraux évaporitiques se fait entre autre, dans les grandes lagunes qui se mesurent en plusieurs dizaines ou centaines de kilomètres carrés, dans des régions où l'évaporation excède la précipitation.

Le gros de l'alimentation en eau de ces lagunes vient de la mer. L'évaporation concentre la solution et les minéraux évaporitiques s'accumulent sur le plancher de la lagune. Pour une région donnée, il s'établira une sorte d'équilibre entre l'alimentation de la lagune en eau marine et l'évaporation, ce qui fait que la salinité de l'eau demeurera à peu près constante. Centaines de minéraux de la séquence se déposent suivant la salinité. Si l'on examine les dépôts évaporitiques naturels, on constate que cette séquence idéale est rarement réalisée.

### **V-2-4- Les modèles de dépôts des évaporites :**

On classe généralement les évaporites en trois grands types : les évaporites continentales, les évaporites marines de milieu peu profond et les évaporites marines profondes.

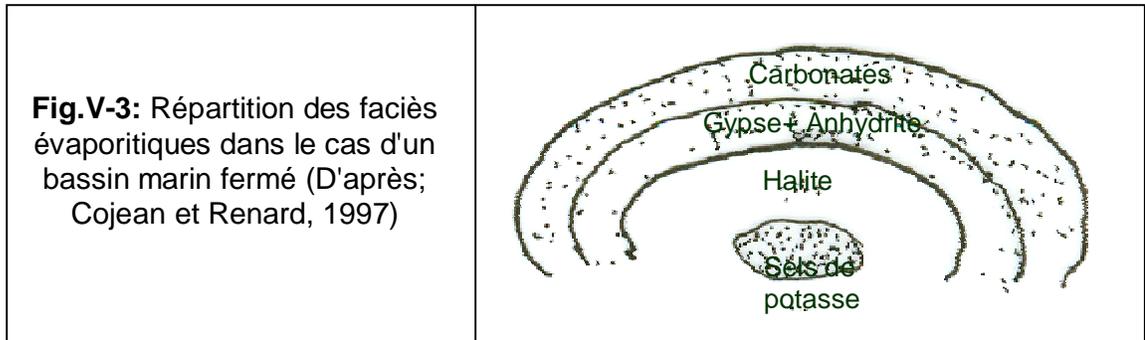
#### **V-2-4-1- Les évaporites continentales :**

Elles sont observées dans les chotts et les playas. La minéralogie de ces évaporites est relativement variable puisqu'elle dépend de la composition des eaux fluviales, elles-mêmes dépendantes de la géologie régionale. On observe en général une répartition horizontale concentrique des différents dépôts (gypse- halites- nitrates), en fonction de leur degré de solubilité, les plus solubles étant localisés au centre, lorsque l'extension du lac en cours d'assèchement était la plus restreinte.

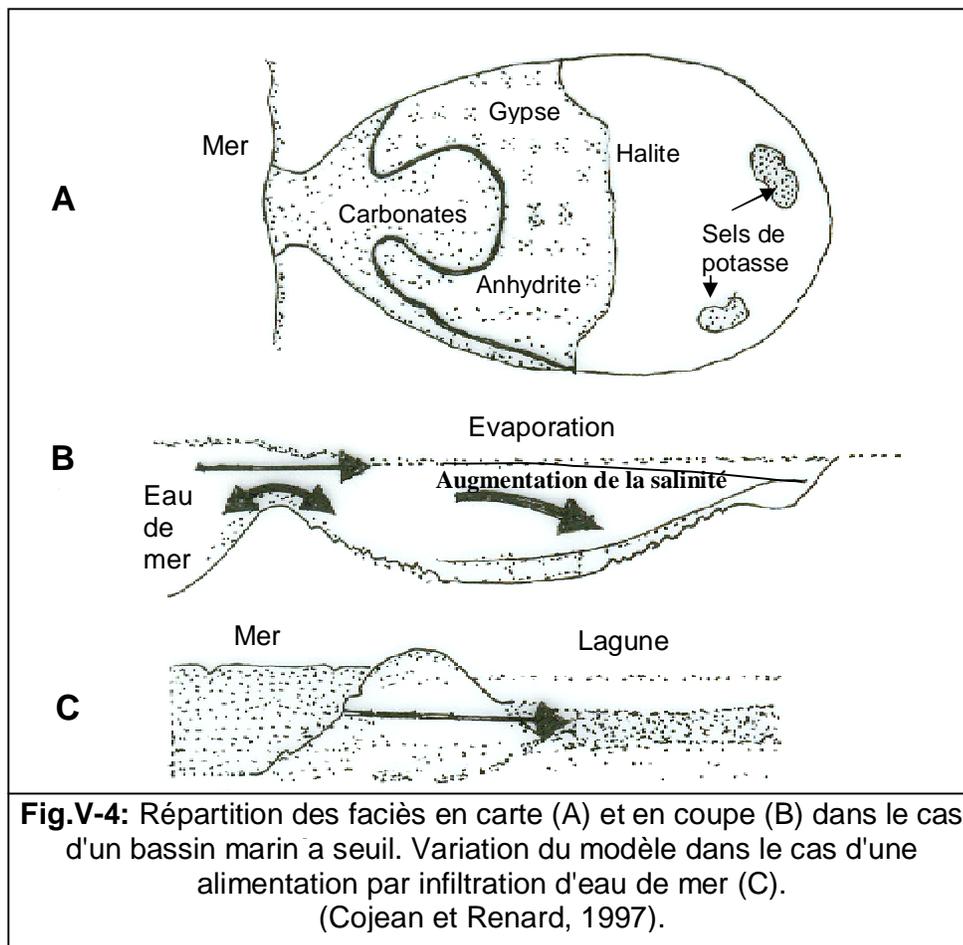
#### **V-2-4-2- Les évaporites marines de bassin peu profond :**

On distingue classiquement deux modèles de bassin peu profond (Fig.V-3)

1) Les bassins fermés (en œil) ou les faciès s'organisent concentriquement avec les sels les moins solubles à la périphérie (carbonates) et les plus solubles au centre (sel de potasse). En fait ce modèle est très rare dans la nature sous sa forme pure. Des apports complémentaires d'eau de mer augmentent en général la quantité de sels précipités et, le plus souvent la composition initiale de l'eau de tels bassins est modifiée par les apports des eaux souterraines et de ruissellements. Ces bassins évoluent donc lentement vers le type lac salé continental (chotts ou playas).



1) Les bassins semi-isolés ou les bassins en goutte d'eau, ces bassins gardent une connexion avec la mer. Le faciès organisé suivant une polarité centrée sur la passe qui relie le bassin à la mer, les sels moins solubles est au voisinage de la passe et les plus solubles à l'opposé au fond de la lagune (Fig.V-4).



**Fig.V-4:** Répartition des faciès en carte (A) et en coupe (B) dans le cas d'un bassin marin à seuil. Variation du modèle dans le cas d'une alimentation par infiltration d'eau de mer (C). (Cojean et Renard, 1997).

Dans ce type de bassin, le renouvellement des saumures par les arrivées d'eau de mer favorise les sels les moins solubles. Dans la séquence évaporitique, les stades de dépôt des carbonatés et des sulfates de calcium sont plus long que les stades de dépôt halite et sels de potasses.

**V-2-4-3- Les évaporites marines des bassins profonds :**

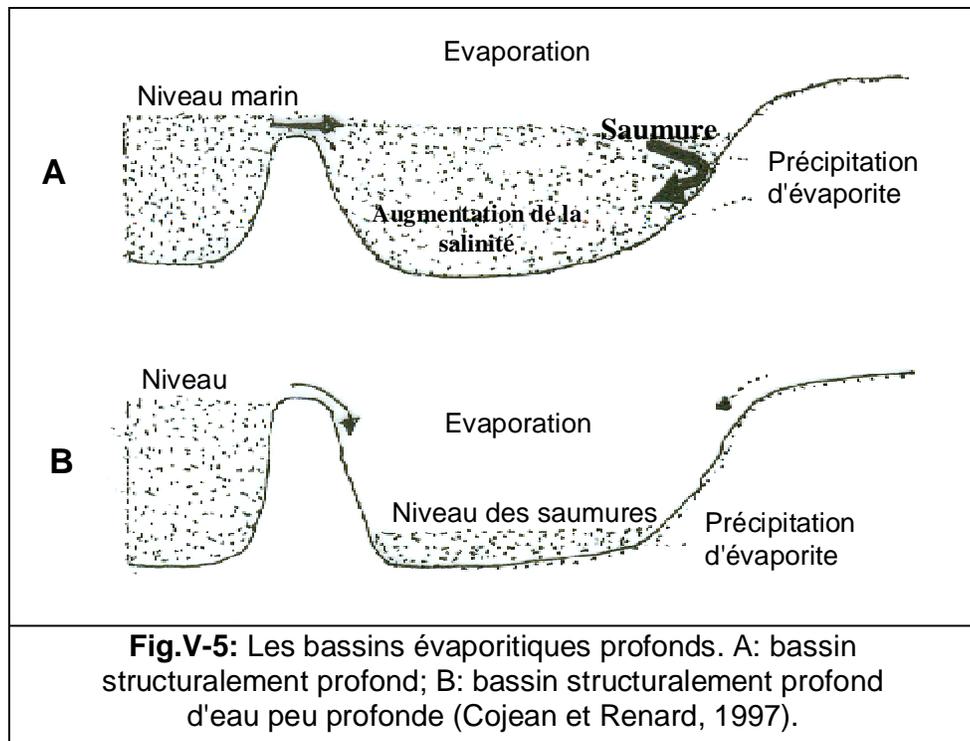
Le problème principal des modèles précédents est d'expliquer la grande épaisseur et la fréquente homogénéité latérale des séries évaporitiques, ces modèles peuvent se diviser en deux types (Fig.V-5)

**i) Les bassins structurellement profonds d'eau profonde :**

Ces bassins fonctionnent par l'évaporation des eaux de surface deviennent plus denses et plus salées. Elles sont donc plus lourdes et descendent. Tandis que le gypse et la halite commencent à précipiter à partir des eaux de surface. Le problème principal de ce modèle est de savoir si les évaporites peuvent précipiter simultanément (suivant une polarité à l'intérieur du bassin depuis la zone d'apports d'eau de mer, ce qui suppose le maintien d'un gradient de densité à l'intérieur du bassin) ou uniquement de manière successive.

**ii) Les bassins structurellement profonds d'eau peu profonde :**

Ces bassins sont totalement isolés par un seuil (fermeture d'un détroit), conduisant à un assèchement sur place et au développement d'eau peu profonde ou Sebkhah.

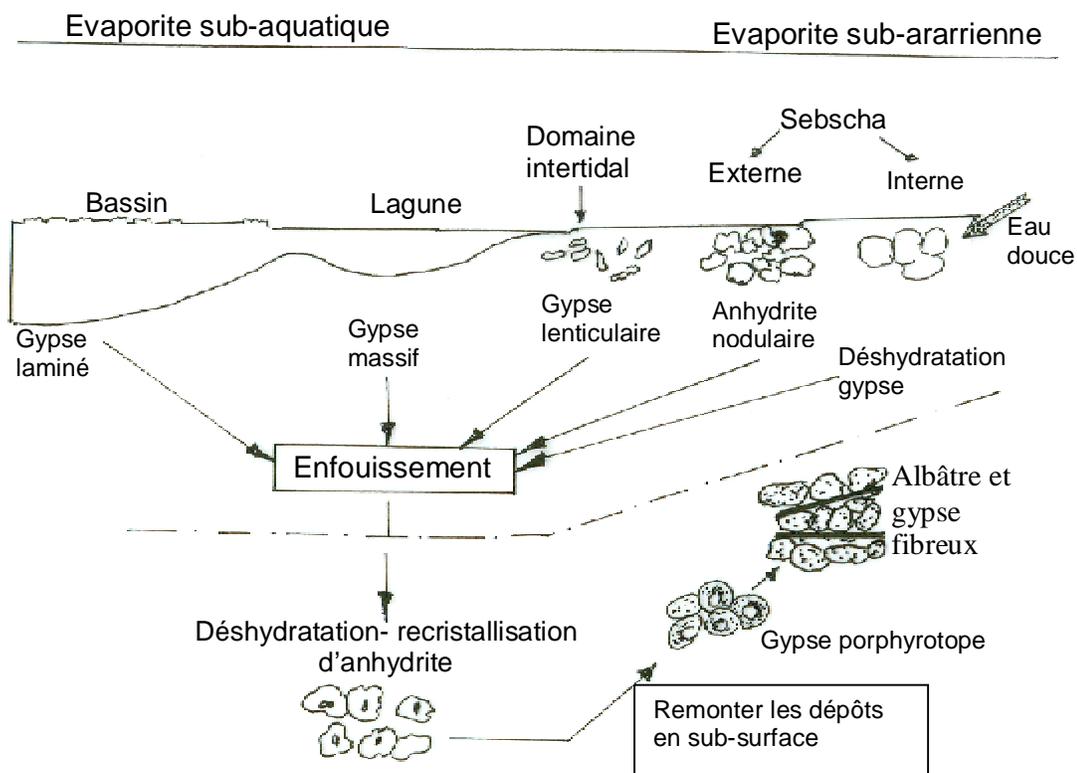


**V-2-5- Le cycle gypse ↔ anhydrite :**

L'anhydrite a rarement une formation primaire, généralement sa transformation est secondaires et vient de la déshydratation et recristallisation du gypse en anhydrite, au cours de l'enfouissement (compaction), qui provoque la perte d'eau suivant une réaction réversible :  $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaSO}_4 + n\text{H}_2\text{O}$

Cette transformation est réalisée avec 38% de perte de volume.

Le processus inverse peut se produire lors du passage de couche d'anhydrite dans la zone phréatique. Le gypse secondaire se présente alors sous la forme de porphyrotope et l'albâtre.



**Fig.V-6 :** Les environnements de dépôts et de diagenèse des différents types de gypse et d'anhydrite (D'après, Turcker, 1995 ; Cojean et Renard, 1997)

### **V-3- Les zones gypsifères du bassin de Mila :**

#### **V-3-1- Introduction :**

Durant le Mio-Pliocène, le bassin de Mila était individualisé en plusieurs petites lagunes à sédimentation continentale, liée essentiellement à des processus de sédimentation mécanique (dépôt détritique) et de sédimentation chimique (dépôt évaporitique). Ces formations sédimentaires sont de couleurs ocre, rouges ou jaunes, essentiellement constituées d'argiles rouges, de marnes grises, de sables jaunes, de conglomérats et de calcaires lacustres. Partout le gypse se trouve en alternances avec les dépôts détritiques (type argiles), sous forme d'amas isolés, donnant de petits reliefs dans l'encaissant argileux.

#### **V-3-2- Répartition des dépôts de gypse dans le bassin de Mila :**

Les dépôts de gypse sont signalés dans plusieurs endroits (environ 150 indices), au niveau du bassin de Mila, et dont les plus importants économiquement a fait l'objet d'une exploitation ou en cours d'exploitation. (Fig.V-7)

La morphologie des dépôts de gypse du bassin de Mila est essentiellement représentés par : \* Des amas isolés ou des lentilles d'épaisseurs importantes d'ordre métriques (cas des amas gypsifères d'Annouche Ali, au NW de la plâtrière de Grarem Gouga).

\* Des couches minces et discontinues d'ordre centimétrique, sans intérêt économique. Par ailleurs, il existe des couches très épaisses, de valeur métrique atteignant parfois des dizaines de mètres, elles sont actuellement en exploitation dans les régions de Grarem Gouga, Tassala et Ahmed Rachedi.

#### **V-3-3- La zone gypsifère de la région de Grarem :**

Le champ gypsifère de Grarem-Gouga comporte trois affleurements importants :

**A/ L'affleurement de Guettara :** (n° d'indices : 29, 30, 31,32)

La région de Guettara ou se trouve le gisement le plus important, est situé à 10km au NE de la ville de Grarem.

Ces bancs de gypse sont de direction NE-SW un pendage N40°W, leur épaisseur est millimétrique à métriques (Fig.V-8). Parfois les bancs gypsifères forment des assises qui vont d'une dizaine à une quarantaine de mètres. Ces assises gypsifères admettent en intercalation des niveaux d'argiles rouges d'épaisseur variable (Fig.V-9).

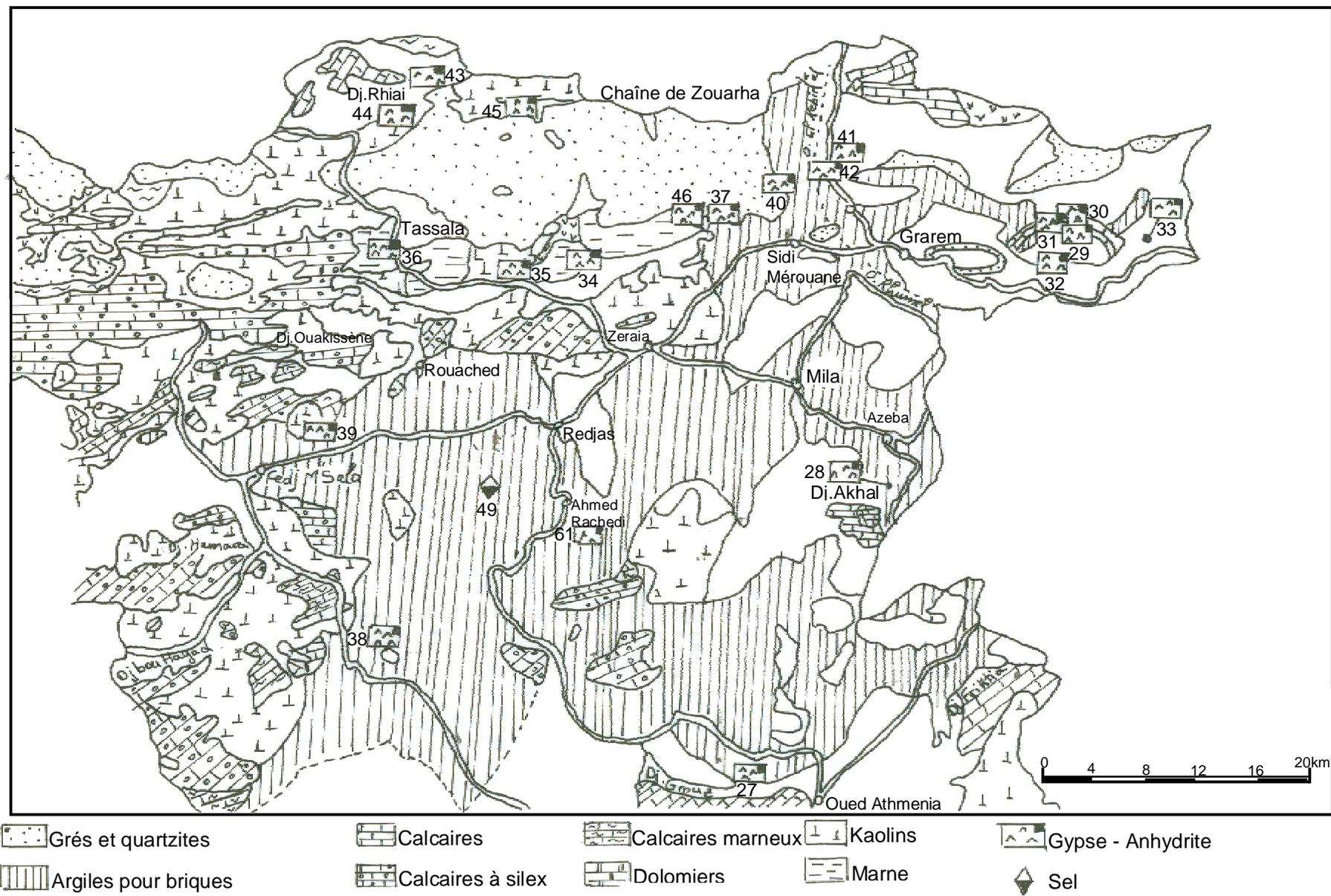
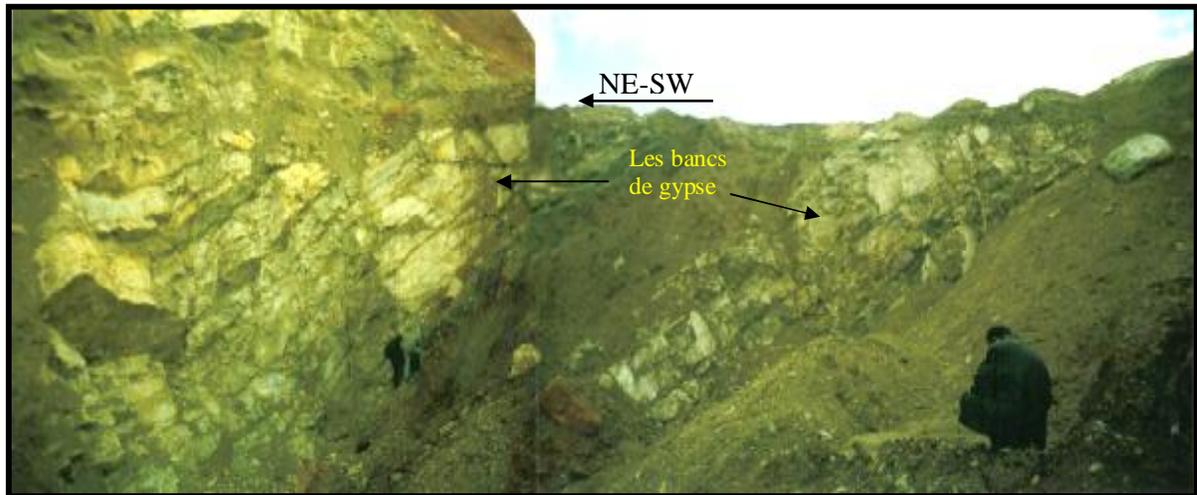


Fig.V-7 : Répartition des sites gypsifères du bassin de Mila (D'après, E.RE.M, 1978)



**Fig.V-8** : Vue d'ensemble des affleurements de gypse de Guettara

Le minerai est constitué de gypse massif saccharoïde, d'aspect blanchâtre, et souvent sillonné par des veines et des veinules de gypse de couleur très blanchâtre et des structures fibreuses ou en fer de lance. Le développement de ces veines est lié à la fracturation récente qui a favorisé la circulation des eaux météoriques, qui par dissolution et lessivage des formations gypsifères affleurantes ont laissé précipiter dans ces fractures du gypse.

Par ailleurs, la tectonique récente a engendré d'importantes dislocations des assises gypsifères (cisaillement et déplacement latéral des couches de gypse sur quelques mètres) et permet ainsi la circulation des eaux de ruissellement très minéralisées.

Ce gisement est en exploitation par la SOMACO de Mila.

#### **B/ L'affleurement de Grarem-Ouest :** (n° d'indices : 41,42)

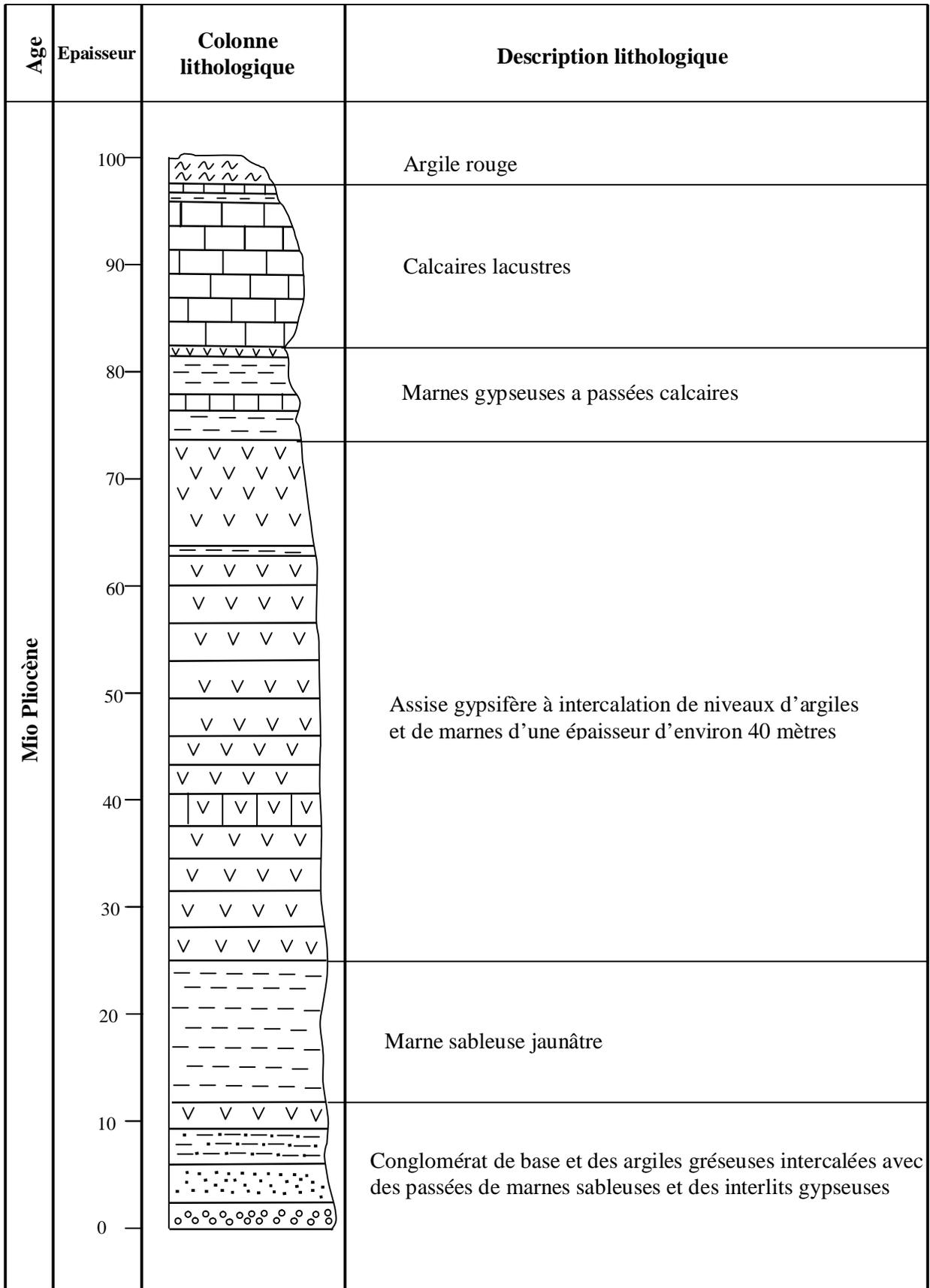
Il correspond à des amas gypsifères situés au NW de la plâtrière de Grarem.

Les affleurements les plus importants (quelques tonnes de minerai), sont isolés et dispersés sur une large superficie dans les argiles rouges du Mio-Pliocène. Seuls les dépôts de gypse ayant une certaine épaisseur font l'objet d'une exploitation. Les sites exploités sont pour l'essentiel situés dans la partie Nord Est et Ouest de la localité de Grarem.

Ces amas gypsifères sont caractérisés par des couches de gypse d'épaisseurs variant de quelques millimètres à quelques dizaines de mètres. (Photo. 3- Planche II)

Ce gypse est présent sous forme fibreuse, en fer de lance ou encore en minces plaquettes qui se débitent facilement et qui sont transparentes. Ces formes sont assez caractéristiques du gypse de la région de Grarem.

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**



**Fig.V-9:** Colonne lithologique de gisement de gypse de Guettara

## Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila

Les caractéristiques chimiques du gypse de ce site n'ont pu être récupérées en raison de la destruction des archives de l'administration de l'usine de transformation du gypse en plâtre de Grarem.

### **C/ L'affleurement de Khenga : (n° d'indice 33)**

Une étude préliminaire sur la qualité de gypse du massif gypsifère de Khenga a été menée par Y.Saraev, en 1976. Ce massif est formé par des bancs verticaux de gypse, encaissés dans les dépôts argileux du néogène. Les bancs de gypse peuvent atteindre des profondeurs de 200m (ORGM, 1999).

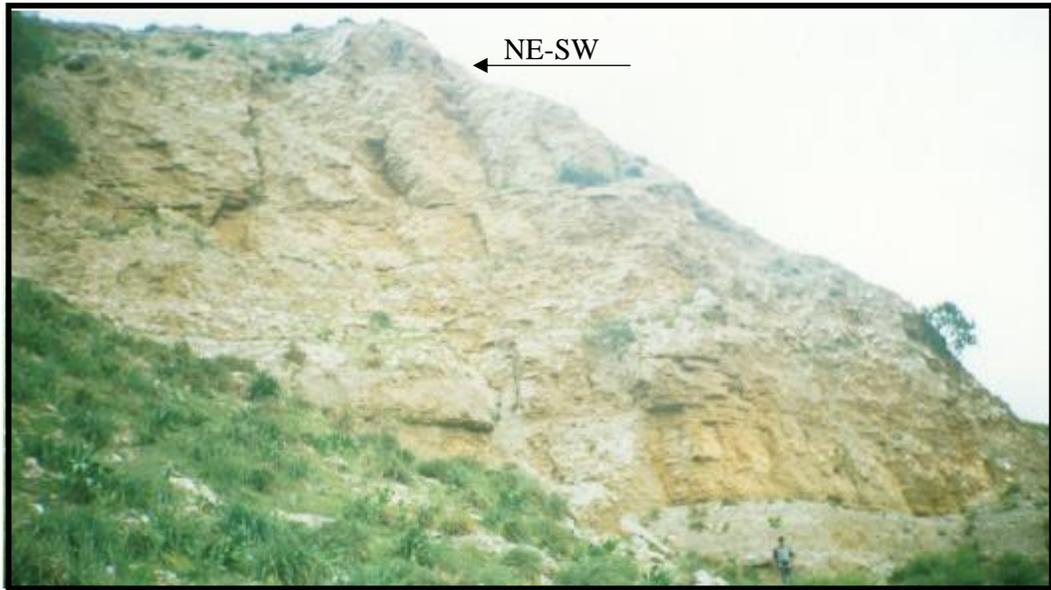
Les bancs sont constitués de gypse massif, d'aspect cristallin, de couleur gris clair, dont l'épaisseur est de 5.5m. Les bancs de gypse admettent en intercalation des passées argileuses de 1 à 2m de puissance.

Ce gisement n'a jamais fait l'objet d'une exploitation, mais il est recommandé pour une éventuelle, prospection plus poussée dans le futur, car d'après les études préliminaires le gypse est estimé de bonne qualité (Y.Saraev, 1976).

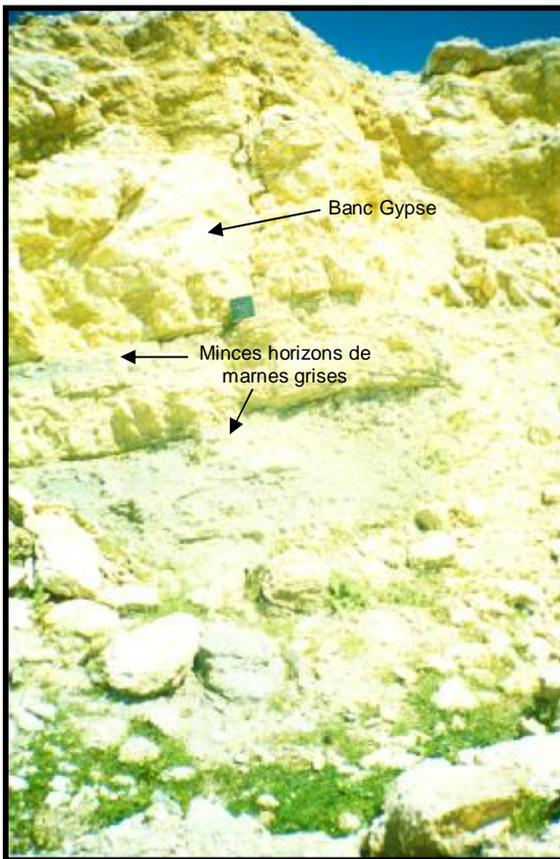
**Tableau n°2 : Caractéristiques chimiques des dépôts du gypse de la région de Grarem – Gouga (ORGM,1999)**

Nom de l'affleurement	Pourcentage des composants chimiques de gypse				Pourcentage des Minéraux évaporitiques			Teneur en minerai de gypse (%)	Réserves du gisement gypsifère	Conditions d'exploitation
	CaO	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	résidu Insoluble	Gypse	Anhydrite Naturelle	Ciment Calcaro-argileuse			
<b>Guettara</b> (x=834,y=364)	32.92	46.92	20	0.7-1.57	90-95	2.5		98-100	Gisement important	A ciel ouvert avec des méthodes mécanisées
<b>Khenga</b> (x=803,y=362)	31.53	45.54	19.41	2.78	92.78	4.12	1	99	10-15 mille m <sup>3</sup>	Favorable pour une exploitation à ciel ouvert

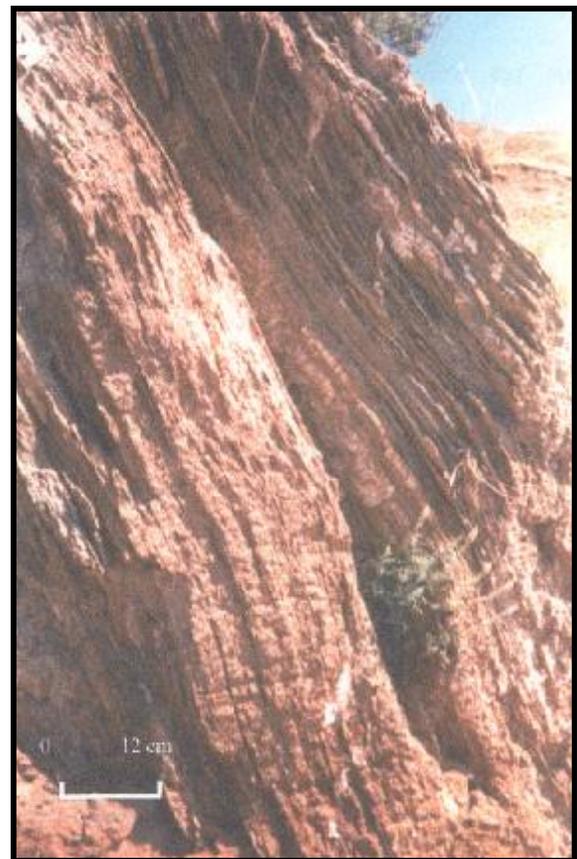
**Planche II : Dépôts gypsifères de deux sites (Dj. Dorbane et Grarem Ouest)**



**Photo.1** : Vue d'ensemble du gisement de gypse de Djebel Dorbane



**Photo.2** : Détail de l'affleurement du gisement de gypse de Djebel el Dorbane



**Photo.3** : Gisement de gypse du Grarem Ouest

**V-3-4- La zone gypsifère de Tassala :**

La zone gypsifère de Tassala comporte trois sites importants :

**A/ Le site du Djebel Dorbane :** (n° d'indice 36)

Ce gisement représente le plus important affleurement gypsifère de la zone. Il est situé à 30km au NW de la ville de Mila, entre M<sup>at</sup> bou Arbia et Tassala, son exploitation se fait à ciel ouvert.

Le massif gypsifère est caractérisé par des bancs subhorizontaux de direction NE-SW. L'épaisseur globale de l'assise gypsifère est de l'ordre de 80m- 100m. La surface du massif fait approximativement 1km<sup>2</sup>. (Photo.1- Planche II)

Les bancs de gypse sont intercalés par de minces horizons de marnes grises reposant sur des couches argilo-gréseuses et conglomératiques sont surmontés par des marnes sableuses et des dépôts de calcaires jaunâtres au sommet (Fig.V-10).

Les bancs de gypse, d'aspect massif et compact, montrent une texture microcristalline, et une couleur blanchâtre. L'ensemble de ce gisement est traversé par de petites failles à faibles rejets (décalage faibles des bancs) colmatées par du gypse fibreux donnant une deuxième génération du minerai.

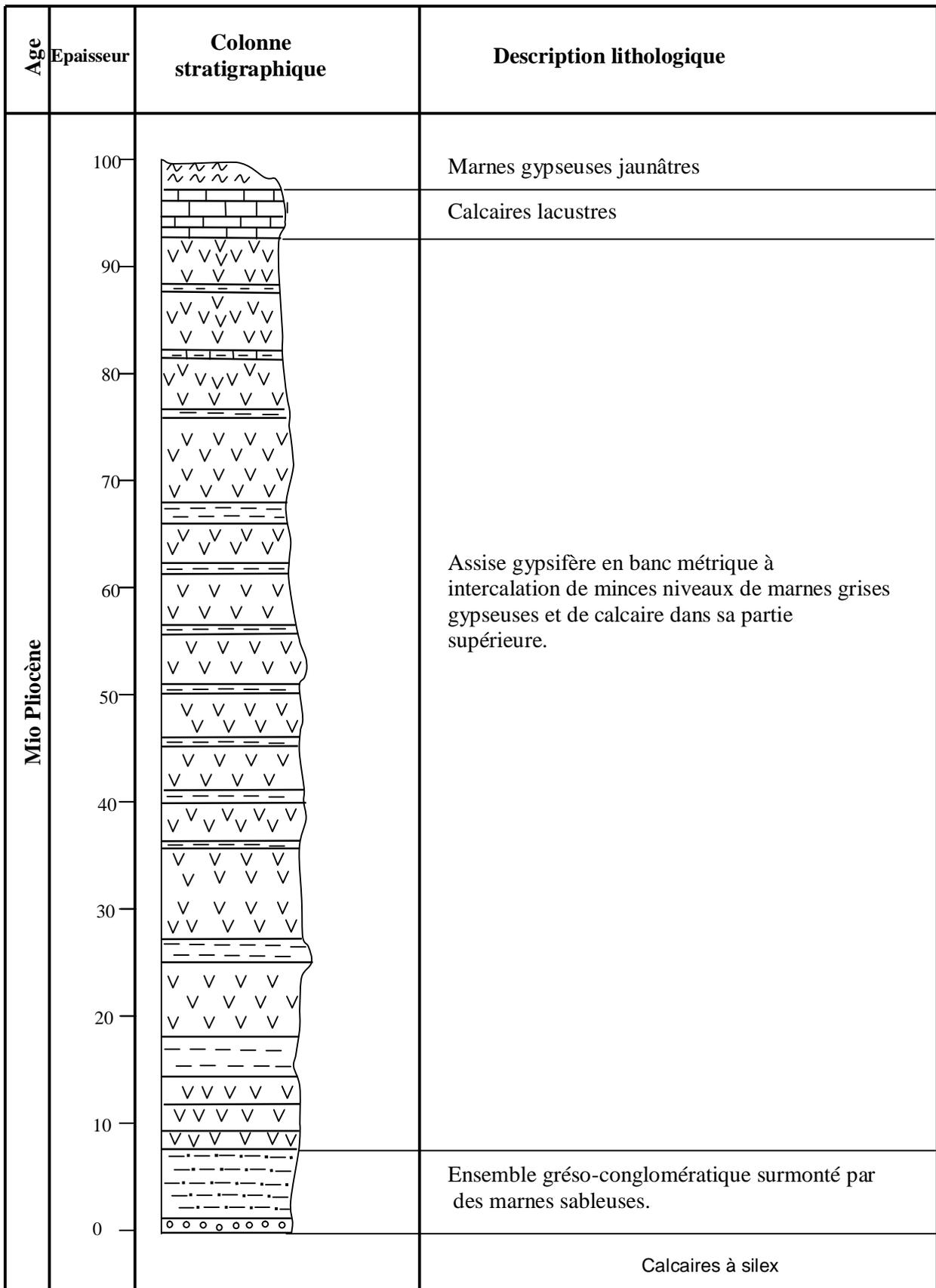
Les réserves du gisement de Djebel Dorbane sont estimées à plus de 5 millions de tonnes. Ce gisement de gypse considère de bonne qualité, alimente la plâtrière de Redjas.

**B/ Le site d'El Mahadjar :** (n° d'indices : 37,46)

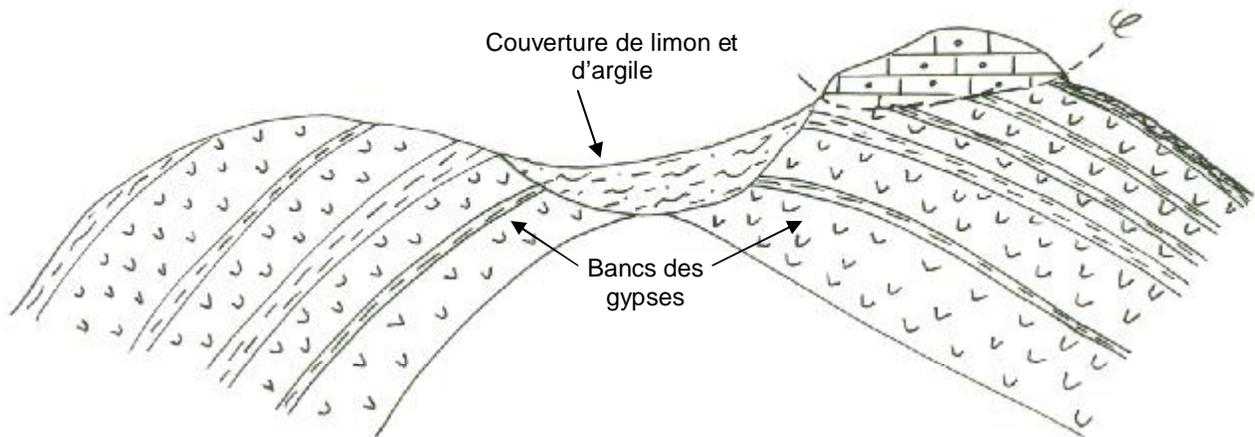
Ce gisement de gypse (de Beinen) est localisé sur la rive gauche de l'oued El Mahadjar. La zone gypsifère peut être suivi le long de l'oued sur une distance de 2km, avec un largeur de 200 à 300m.

La géologie de ce gisement est caractérisée par une assise gypso-marneuse, composée de deux niveaux de gypses, qui sur le plan structural, est représentée par un antiforme érodée dans sa partie sommitale donnant l'allure d'une combe, qui a été en partie remplie par un matériel détritique emprunté au zones environnantes (limons, argiles, terre végétal....etc). Par endroit, s'observe à l'affleurement des lombouts de calcaires à nodules de silex datant probablement de l'Eocène (M.D.Delga, 1969), reposant par un contact anormal (charriage) sur les formations néogènes. (Fig.V-11).

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**



**Fig.V-10** : colonne lithologique du gisement de gypse de Djebel Dorbane



**Fig.V-11:** Coupe schématique du gisement de gypse d'El Mahadjar, avec des intercalations de marnes grises

L'épaisseur de ce gypse varie entre 0.6m à plus de 10m, interposées par autant de couches argileuses et marno-gypseuses. Ces blocs sont constitués de gypse microcristallin compact, montrant une couleur grise.

Pour ce gisement, les réserves calculées indiquent que la plâtrière de Redjas pourrait être alimenté de 1000000t/an de la matière première pendant une durée de 45ans.

#### **C/ Le site de Draa Tihelissa : (n° d'indice 34)**

Ce gisement est situé à 16Km au NW de Mila (sur l'ancienne route Mila-Jijel), et à 2km de l'oued Kərbène. La zone gypsifère est allongée le long de l'oued sur une distance de 2km de longueur et de 200 à 300m de largeur.

La formation de gypse disposée en bancs, est intercalée dans une assise d'argiles rougeâtres du Miocène supérieur. L'épaisseur des niveaux gypsifères est de 10 à 15m. Ces niveaux de gypse admettent en intercalation par des passés de marnes grises.

Ce gypse d'aspect microcristallin compact montre une couleur grise. Ce gypse a été exploité dans le passé, pour la fabrication du plâtre de moulages.

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

**Tableau n°3 : Caractéristiques chimiques des dépôts du gypse de la région de Tassala.**  
(ORGM,1999)

Nom de l'affleurement	Pourcentage des composants chimiques de gypse				Pourcentage des Minéraux évaporitiques			Teneur en minerai de gypse (%)	Réserves du gisement gypsifère	Conditions d'exploitation
	CaO	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	résidu insoluble	Gypse	Anhydrite Naturelle	Ciment Calcaro-argileuse			
<b>Djebel Dorbane</b> (x=798.800, y=363.200)	32.64	47.20	18.56	0.18				90-95	Plus de 5 millions de tonnes	A ciel ouvert avec l'exploitation par gradient
<b>El Mahadjar</b> (x=808.700, y=363.200)	31.25-44.85-32.92	18.73-46.92	0.67-20-1.75		89.53-95.6	2.5-4.5	0.6	98-100	45 millions de tonnes	Favorable pour le mode à ciel ouvert
<b>Draa Tirhelissa</b> (x=803,y=362)	32.02-32.5	44.37-45	16.92-17.73	0.39-2.66	80.88-84.75	2.53-6.97			1millier de tonne	Favorable pour le mode à ciel ouvert

**V-3-5- Les gisements et indices de la région d'Ahmed Rachedi (Ex, Rechellieu) :**

La région d'Ahmed Rachedi est située au Sud Ouest de Mila à quelques 20km. Elle est caractérisée par l'existence de deux types de gisements de roches évaporitiques : un gisement de gypse et un gisement de sel gemme.

**V-3-5-1- Le gisement de gypse d'Ahmed Rachedi :**

Il est situé à environ 10km au Sud de la commune d'Ahmed Rachedi. Ce gisement est représenté par une couche gypsifère de puissance variable intercalée dans des formations détritiques non gypsifères (Fig.V-12).

La partie supérieure de cette couche gypsifère est recouverte par la terre végétale, et de l'argile sableuse de couleur blanchâtre et brunâtre.

L'épaisseur des couches gypsifères varie entre 2 et 26.5m selon les lieux. A la base, cette couche gypsifère repose sur des argiles et des calcaires jaunâtres. Sa teneur moyenne en gypse est de 84.26% (Fig.V-13). Les impuretés rencontrées dans le gypse sont essentiellement représentées par l'anhydrite et la silice sous forme de nodule. La présence d'impuretés siliceuses en association avec le gypse pose un problème dans le traitement de ce dernier.

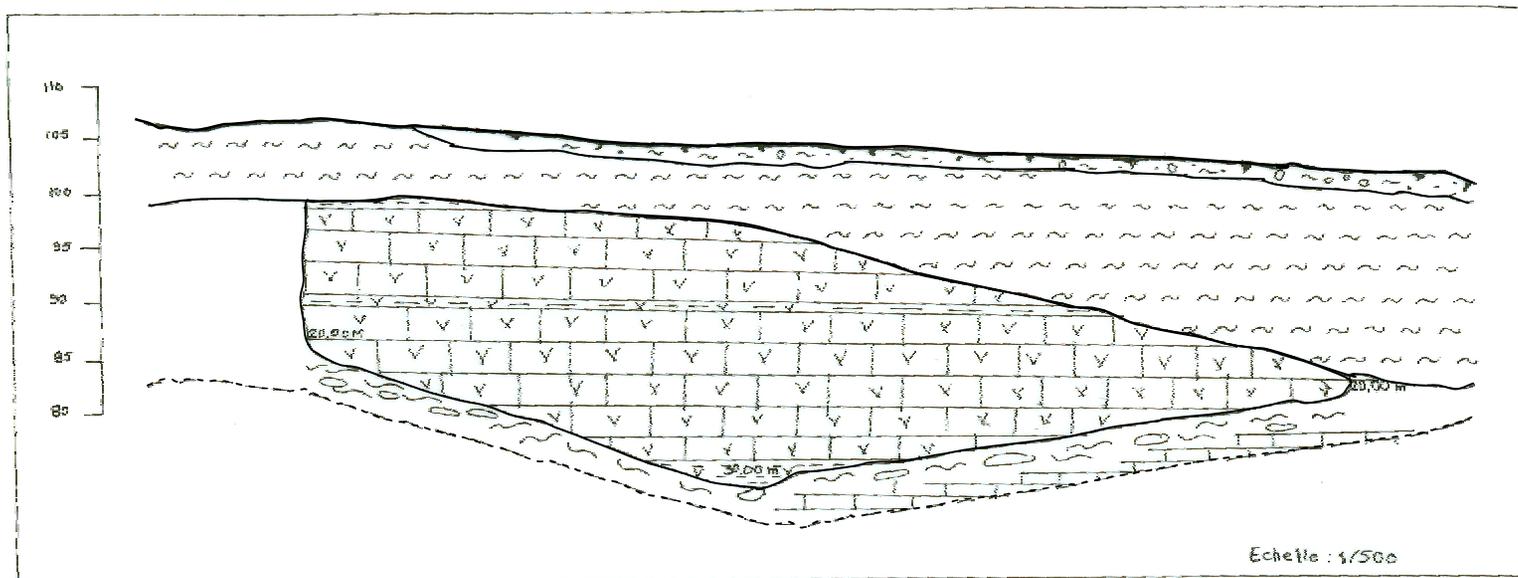
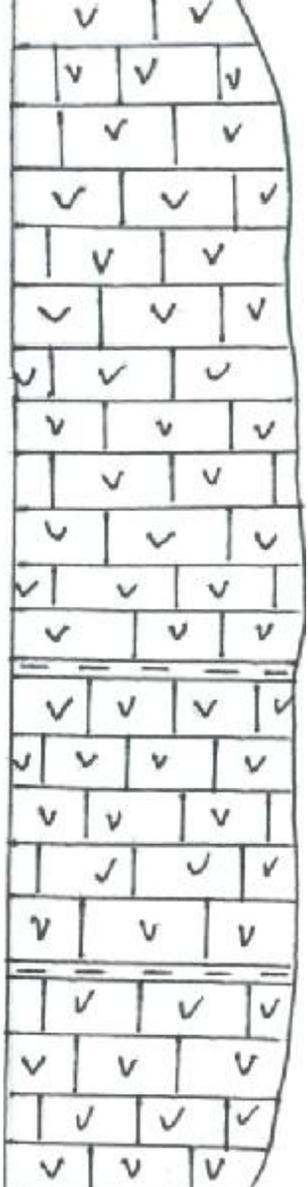
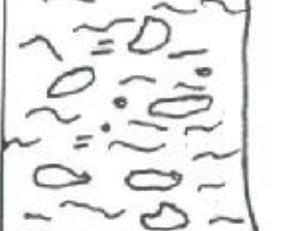
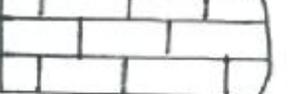


Fig.V-10 : Coupe géologique synthétique du gisement de gypse d'Ahmed Rachedi (L.T.P.E,1987)

-  Terre végétale et Quaternaire (argile peu sableuse)
-  Argiles jaunatre et brunatre ( peu plastique, peu sableuse)
-  Calcaires gypseuses et argiles sableuses
-  Calcaires jaunatre

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

Epaisseur	Colonne lithologique	Description lithologique
140		Argile calcareuse blanche, peu compacte
120		Calcaires gypseux durs jaunâtres avec des passées de marnes grises.
20		Argile grise peu marneuse avec des galets et cailloutis (calcaires).
0		Calcaires jaunâtres durs.

**Fig.V-13** : Colonne lithologique du gisement de gypse de la région d'Ahmed Rachedi (d'après, L.T.P.Est, 1987)

### **Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

Les nuisances engendrées par ces impuretés sont principalement marquées par une détérioration prématurée des grilles du broyeur. A ce propos et a fin d'éviter ce problème, les parties renfermant ces impuretés sont écartées de l'exploitation.

Les réserves sont évaluées à 438815 tonnes. L'estimation des réserves de ce gisement a été réalisée en procédant par la méthode des blocs.

#### ***Remarque :***

Ce gisement n'a pas fait l'objet d'une étude géochimique de ce fait nous pouvons pas présenter les constituants chimiques.

#### **Méthode d'exploitation (exemple du gisement de gypse d'Ahmed Rachedi) :**

L'exploitation du gisement de gypse d'Ahmed Rachedi s'effectue à ciel ouvert par gradins. Il comporte trois niveaux :

- Un niveau supérieur correspondant à la couverture.
- Un niveau mixte comportant la couverture et le minerai.
- Un troisième niveau correspondant au minerai pur.

L'exploitation s'effectue par décapage de la couverture et du niveau mixte et l'extraction du minerai du troisième niveau.

L'extension des réserves du gisement de gypse d'Ahmed Rachedi se trouve dans les parties Ouest et Sud-Ouest de la partie exploitée du gisement. Vers la partie Nord du gisement, les réserves en gypse semblent être limitées.

La carrière d'exploitation de gypses s'étend sur une superficie d'environ 4.90 hectares. L'extension future de la carrière nécessite environ une superficie supplémentaire d'environ 2.64 hectares et 1.60 hectares pour le stockage du minerai (données de L.T.P.E. unité de Constantine).

Les épaisseurs de la couche gypsifères reconnues par sondages au niveau du site d'Ahmed Rachedi sont résumées dans le tableau :

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

<b>N° de sondage</b>	<b>Profondeur en mètre</b>
1	20.00
2	20.00
3	15.00
4	20.00
5	30.00
6	30.00
7	30.00
8	30.00
9	30.00
10	25.00
11	20.00
12	30.00
13	20.00
14	30.00
15	20.00
<b>Total</b>	370.00m

**Tableau n°4** : Différentes épaisseur de la couche gypsifère du site d'Ahmed Rachedi

L'épaisseur moyenne et la teneur moyenne de la partie productive du gisement d'Ahmed Rachedi sont résumées dans le tableau :

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

N° de sondage	Couche productive (m)	Epaisseur moyenne (m)	Somme teneur en gypse	Teneur moyenne en gypse (%)
1	01.00-13.00	12.00	952.50	79.38
2	01.00-14.00	13.00	1152.52	86.20
3	05.00-15.00	10.00	827.09	82.80
4	03.00-26.00	23.00	1894.27	82.36
5	00.00-26.00	23.00	1671.24	83.56
6	1.50-28.00	26.00	2360.48	89.07
7	05.00-27.50	18.50	1225.25	66.23
8	12.00-16.00	04.00	380.21	95.05
9	07.00-16.00	09.00	830.81	92.31
10	07.00-20.00	18.00	984.50	75.73
11	07.00-30.00	23.00	2186.66	95.07
12	18.00-20.00	02.00	155.55	77.78
13	01.00-20.00	19.00	1670.34	87.91
		$\Sigma = 193.00$ $\square = 14.85m$	$\Sigma = 16292.32$	$T_{\square} = 84.42$

**Tableau n°5 : Epaisseur et teneur moyenne de la partie productive du gisement de gypse d'Ahmed Racchedi**

### **V-3-6- Caractéristiques du gypse au niveau des trois gisements :**

D'après l'étude microscopique et macroscopique sur les différents sites gypsifères, le gypse étudié du bassin de Mila présente 04 variétés principales : saccharoïde, cristalline, fibreuse et à grain fin. En réalité, chacune de ces variétés regroupe des types morphologiques et génétique fort différents dont les plus fréquents seront décrits ci-dessous.

Ce gypse est caractérisé aussi par des couleurs variables, généralement blanchâtres, parfois grisâtres, jaunâtres, rougeâtres ou verdâtres, selon les impuretés qu'il contient ou selon la roche encaissante. (Planche. III-IV)

#### **1- le gypse cristallin :**

Le gypse cristallin est caractérisé par l'association de deux cristaux de grande taille ou en fer de lance. Ce sont des plaques souvent transparentes et incolores présentant la propriété de se laisser cliver parallèlement à la surface en minces lamelles qui ont l'éclat du verre.

#### **2- Le gypse fibreux :**

Ce sont de longues fibres cristallines. Ils forment généralement le remplissage des fractures et des diaclases. Ce gypse se développe dans les principale discontinuités sédimentaires (plan de stratification, fractures.....etc).

#### **3- Le gypse saccharoïde :**

Ce gypse est caractérisé généralement par une structure moyennement cristallisé. Il est de couleur blanche.

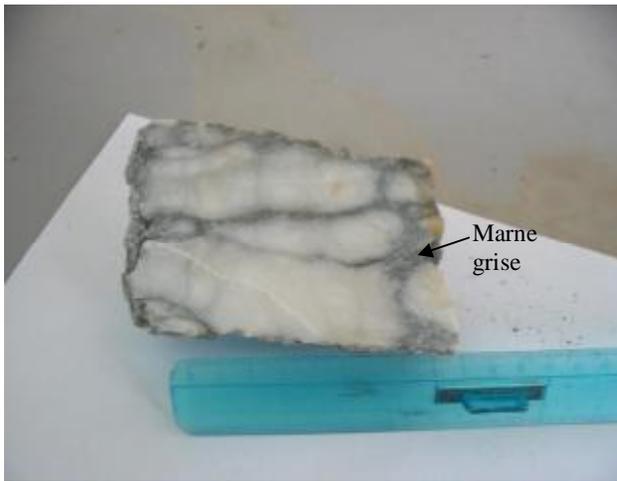
#### **4- Le gypse microcristallin ou alabastrite :**

Il s'agit habituellement de gypse blanc, microcristallin, à grain très fin, d'aspect nodulaire. On observe généralement des nodules isolés dans un matériel non évaporitiques (Argileux ou carbonaté), parfois le gypse nodulaire microcristallin se forme par transformation d'une masse gypseuse composée de grands cristaux.

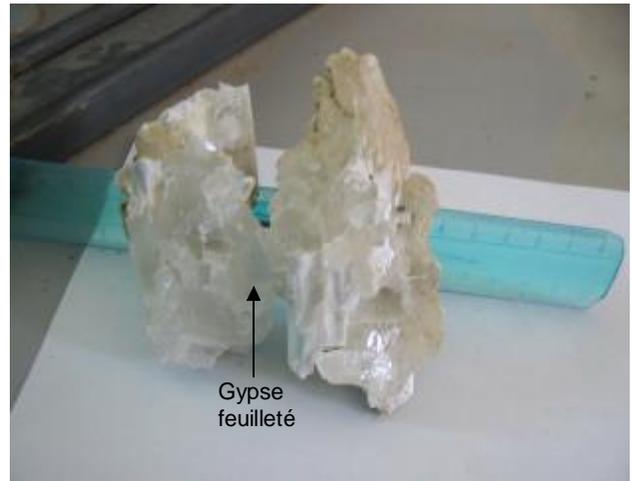
Il existe des gypses microcristallins massifs, souvent parfaitement homogènes et présentant l'aspect d'une pâte, ce gypse est dit alabastrite, il est également appelé aussi albâtre.

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

**Planche.III** : L'observation macroscopique des échantillons de gypses dans différents sites gypsifères



**Photo.01** : Echantillon de gypse blanchâtre avec le passage de marnes grises de la zone gypsifère de Grarem-Ouest



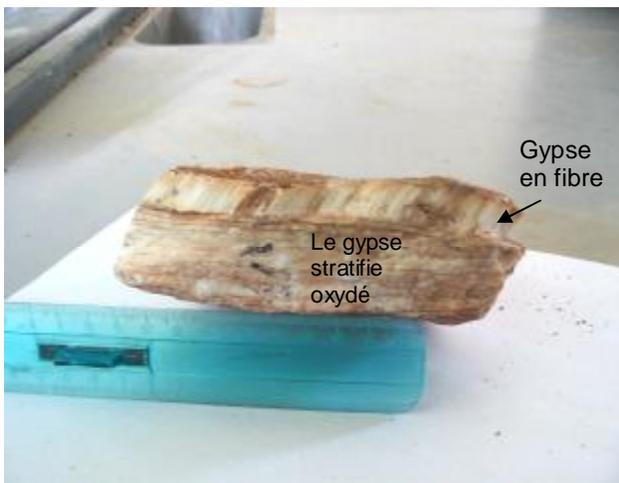
**Photo.02** : Echantillon de gypse en fibres de la zone gypsifère Si Ahmed El Kebir



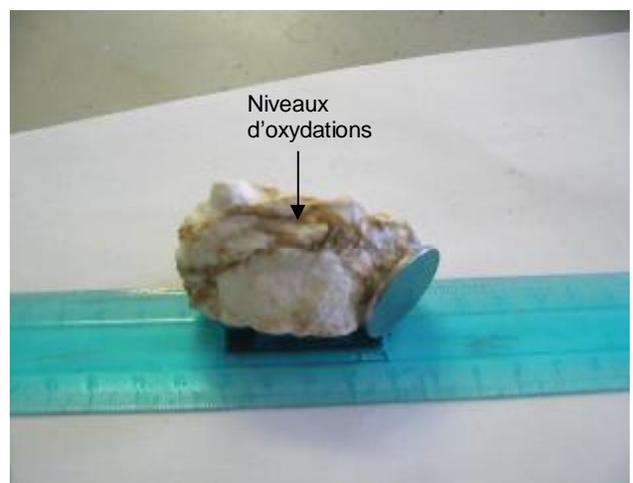
**Photo.03** : Echantillon de gypse massif brunâtre de la région de Guettara



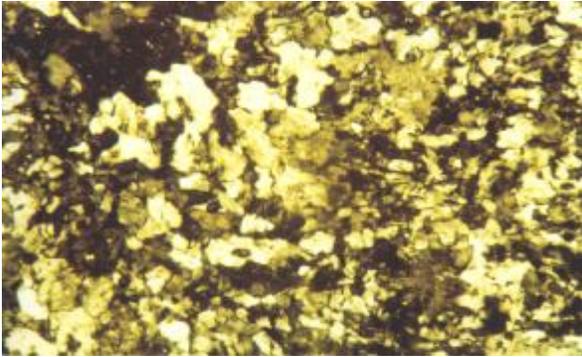
**Photo.04** : Echantillon de gypse blanchâtre massif de gisement de Djebel Dorbane



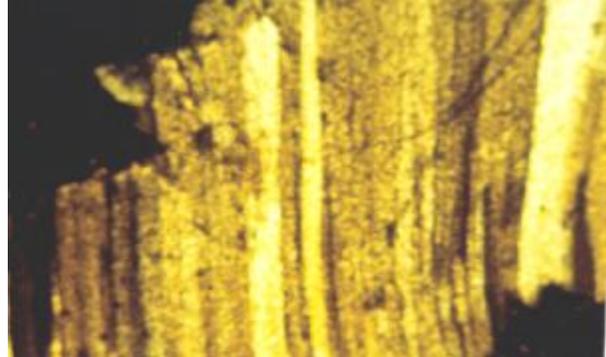
**Photo.05** : L'échantillon de gypse élevé dans la zone fracturée de gisement de Guettara



**Photo.06** : Echantillon du gypse de gisement de Dj.Dorbane, présentant des niveaux de d'oxydation



**Photo.01** : L'aspect microscopique du gypse microcristallin ou alabastrite. LN. Objet \*2.5



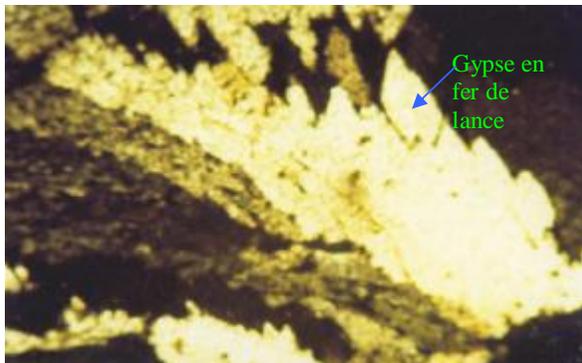
**Photo.02** : L'observation microscopique du gypse fibreux. LN. Objet\*10



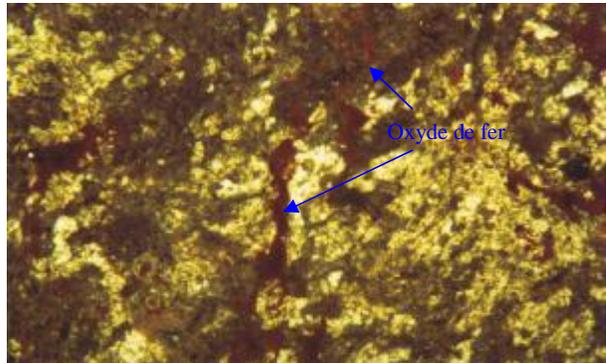
**Photo.03** : Le gypse de structure moyennement cristallisée. LP. Objet\*2.5



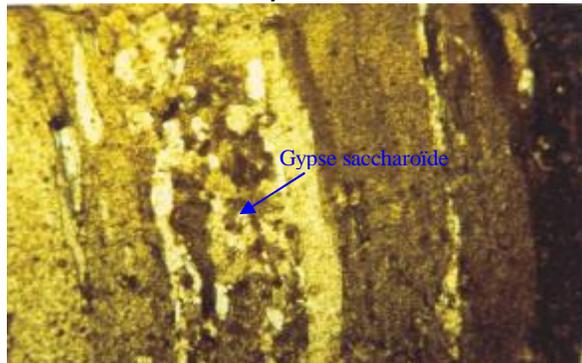
**Photo.04** : L'observation microscopique de gypse cristallin. LP. Objet\*10



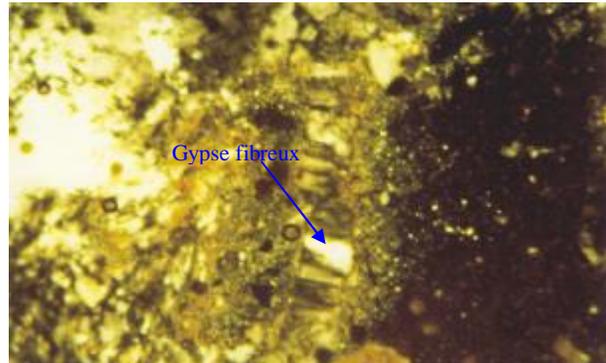
**Photo.05** : L'observation microscopique de gypse blanc et en fer de lance .LN. Objet\*10



**Photo.06** : L'observation des oxydes de fer dans le gypse a structure microcristalline. LN. Objet\*2.5



**Photo.07** : L'observation microscopique de gypse saccharoïde dans les fissures.LP.Objet\*2.5



**Photo.08** : L'observation microscopique de la recrystallisation de gypse fibreux dans les fractures. LP. Objet\*2.5

**V-3-7- Données diffractométriques des gypses du bassin de Mila:**

Trois échantillons ont été analysés au RX présenté sous forme de diffractogrammes. Ces diffractogrammes ont traités à l'aide de deux logiciels. Le Winfit permet de filtrer les diffractomètres pour ne laisser que les pics qui caractérisent le contenu du sédiment.

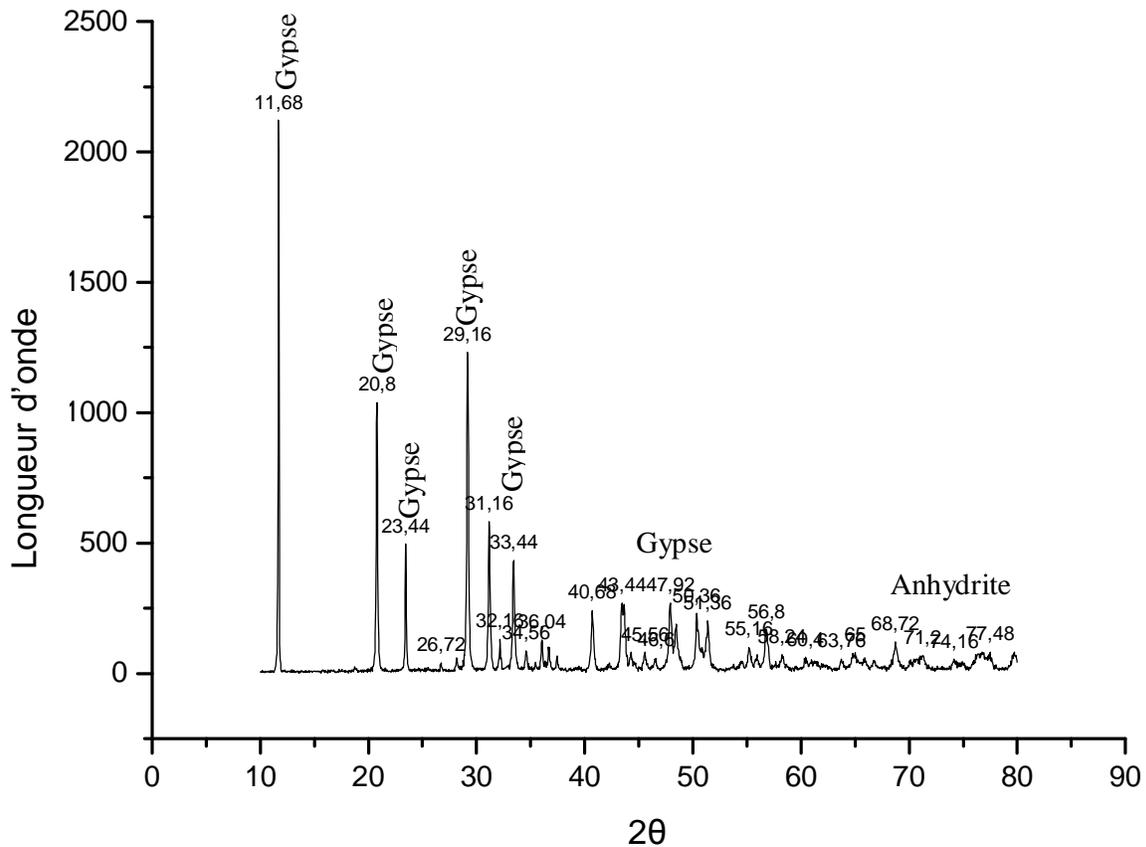
Un deuxième logiciel appelé ORIGIN X est utilisé pour déterminer l'origine  $\theta$  qui met les valeurs de chaque pic et qui est représenté par une valeur de  $2\theta$ . La valeur de  $d$  est obtenue par la loi de Bragg.

Après les différents calculs des raies importantes de chaque spectre, ces dernières sont dépouillées à l'aide des fichiers ASTM (Américain Society for Testing Minéraux), on utilisant la liste de minéraux rencontré dans les dépôts évaporitiques.

L'analyse des diagrammes des trois échantillons pour les trois zones gypsifères a mis en évidence l'existence des minéraux suivant: gypse ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ), anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), calcite ( $\text{CaCO}_3$ ).

Le spectre de diffraction des rayons x de l'échantillon N°1 prélevés de la masse de gypse du gisement de Guettara, dans la zone de Grarem, a montré la présence de gypse et d'anhydrite. La présence de cette dernière est liée à la déshydratation du gypse par compaction et sa transformation en anhydrite.

2 $\theta$	$\theta$	sin $\theta$	d	minéral
11,68	5,84	0,10175083	7,57733375	Gypse
20,8	10,4	0,18051915	4,27101513	Gypse
23,44	11,72	0,2031291	3,79561576	Gypse
29,16	14,58	0,25173155	3,06278654	Gypse
31,16	15,58	0,2685836	2,87061462	Gypse
33,44	16,72	0,28769485	2,67992288	Gypse
43,44	21,72	0,37007106	2,08338364	Gypse
47,92	23,96	0,40609877	1,89855291	Gypse
50,36	25,18	0,42546342	1,81214168	Gypse
51,36	25,68	0,43334452	1,77918483	Gypse
55,16	27,58	0,46298666	1,66527475	Gypse
56,8	28,4	0,47562421	1,62102766	Gypse
68,72	34,36	0,56439083	1,36607465	Anhydrite
71,2	35,6	0,58212297	1,32446242	Anhydrite
74,16	37,08	0,60292954	1,27875638	Anhydrite
77,48	38,74	0,62578735	1,23204792	Anhydrite

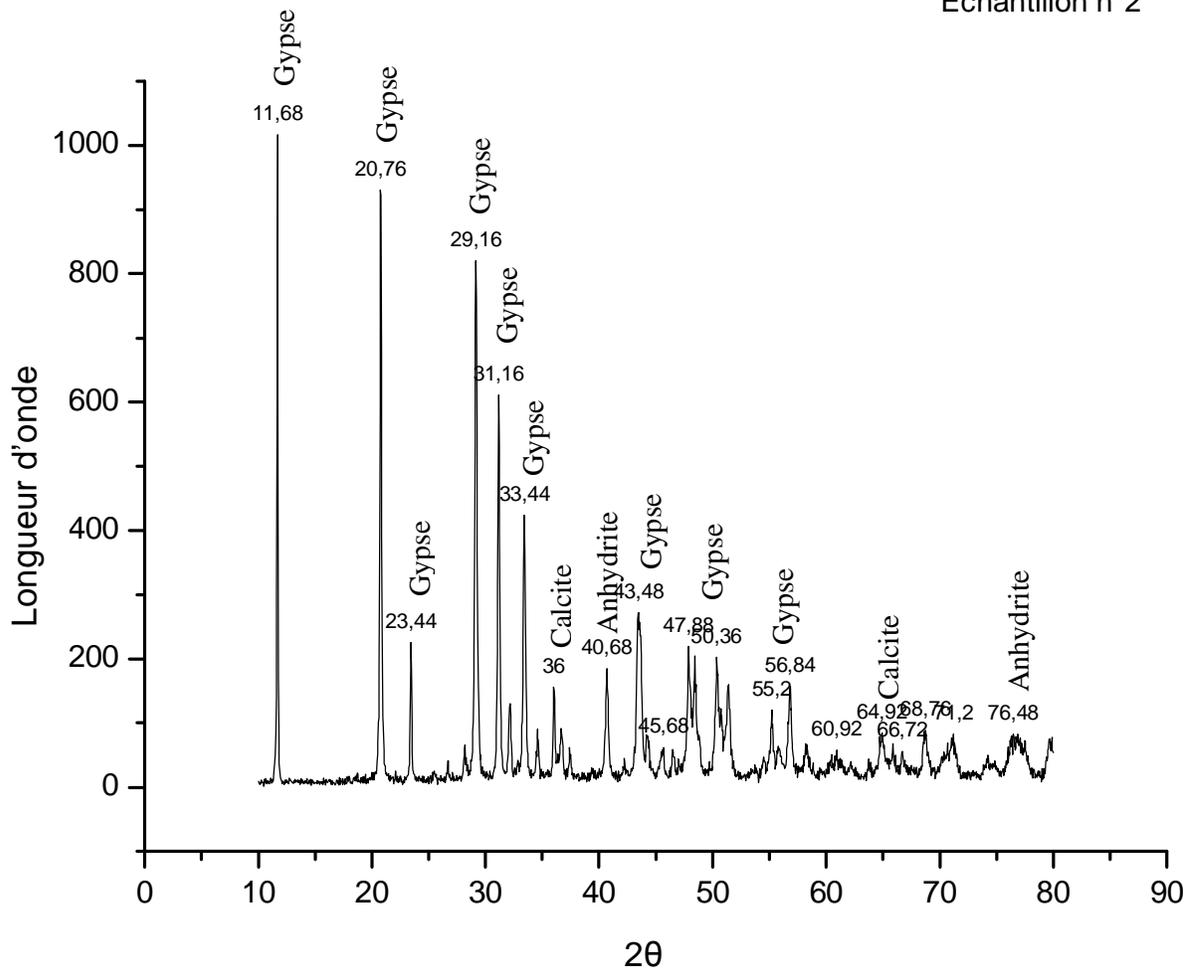


**Spectre des rayons x du gypse du gisement de Guettara**

Le spectre de l'échantillon N°2, prélevé du gisement du Djebel Dorbane, dans la région de Tassala, a montré la présence de gypse, d'anhydrite et de calcite. Les observations microscopiques de cet échantillon montrent également le contact gypse-anhydrite, suivant des fronts de remplacement du gypse par l'anhydrite.

2θ	O	Sin O	d	minéral
11,68	5,84	0,10175083	7,57733375	Gypse
20,76	10,38	0,1801758	4,27915395	Gypse
23,44	11,72	0,2031291	3,79561576	Gypse
29,16	14,58	0,25173155	3,06278654	Gypse
31,16	15,58	0,2685836	2,87061462	Gypse
33,44	16,72	0,28769485	2,67992288	Gypse
36	18	0,30901699	2,49500841	Calcite
40,68	20,34	0,34759034	2,21812841	Anhydrite
43,48	21,74	0,37039532	2,08155976	Gypse
47,88	23,94	0,40577976	1,90004549	Gypse
50,36	25,18	0,42546342	1,81214168	Gypse
56,84	28,42	0,47593124	1,61998193	Gypse
64,92	32,46	0,53671068	1,43652815	Calcite
76,48	38,24	0,61895688	1,24564413	Anhydrite

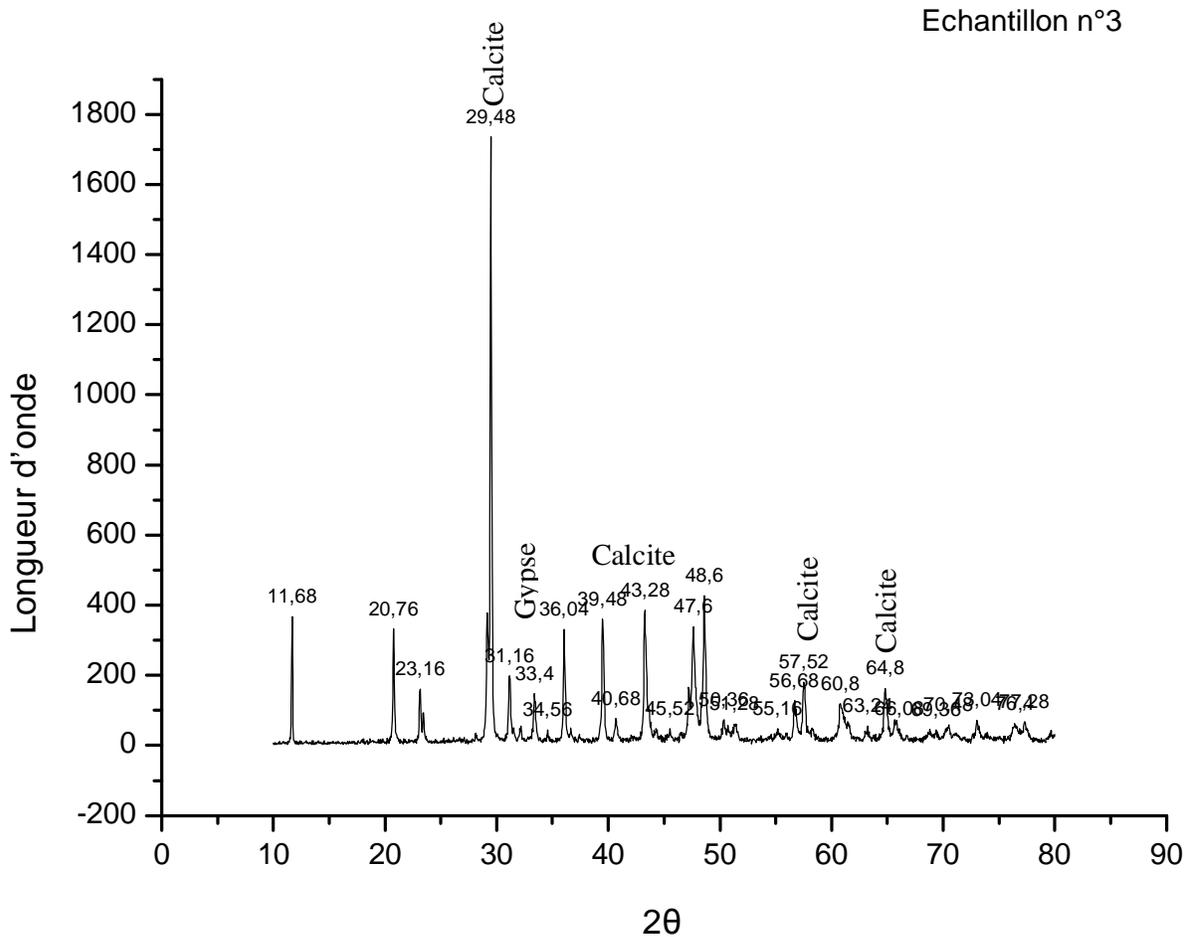
Echantillon n°2



**Spectre des rayons x du gypse du gisement de Djebel Dorbane**

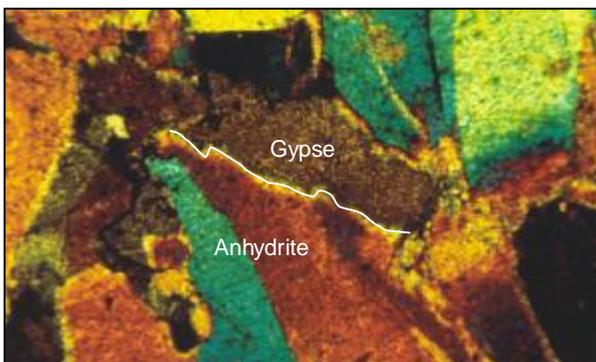
Le spectre de l'échantillon N°3, de la région de sidi Ahmed El Kebir (dans la région de Grarem-Ouest), a révélé l'existence surtout de calcite avec un peu de gypse.

2θ	O	Sin O	d	minéral
29,48	14,74	0,25443316	3,03026536	Calcite
31,16	15,58	0,2685836	2,87061462	Gypse
33,4	16,7	0,28736052	2,6830408	Calcite
36,04	18,02	0,30934896	2,49233102	Calcite
39,48	19,74	0,33775245	2,28273698	Calcite
43,28	21,64	0,36877357	2,09071383	Calcite
48,6	24,3	0,41151436	1,87356767	Calcite
56,68	28,34	0,47470278	1,62417417	Calcite
57,52	28,76	0,48114178	1,60243827	Calcite
64,8	32,4	0,53582679	1,43889781	Calcite

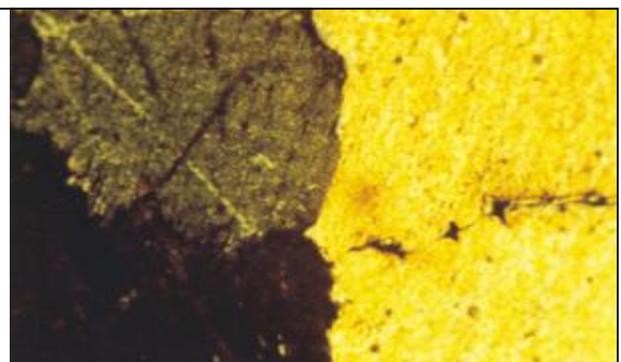


**Spectre des rayons x du gypse du gisement de Sidi Ahmed Kébir**

D'après cette étude on constate que les deux zones (Grarem et Tassala) sont formées surtout de gypse et de l'anhydrite. Les observations microscopiques montrent que l'anhydrite provient de la déshydratation du gypse. En effet, de fronts de remplacement du gypse par l'anhydrite s'observent en lames minces.



**Photo.01** : Le front de remplacement de gypse par l'anhydrite en LP.Objet\*2.5



**Poto.02** : Le contact gypse- anhydrite. LN.Objet\*2.5

**V-3-5-2- Le gisement de sel gemme d'Ahmed Rachedi : (n° d'indice 49)**

**A/ Introduction :**

Dans le bassin de Mila, les dépôts de sel gemme sont moins répandus que ceux du gypse. Les dépôts de sel gemme reconnus dans ce bassin, 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 dépôt de sel gemme d'Ahmed Rachedi est le plus important. La première description de ces dépôts a été donnée par Dalloni, 1939 (In, J.M.Vila, 1980).

**B/ Historique des travaux sur les indices de sel gemme :**

Les dépôts de sel gemme du bassin de Mila sont mal connus, bien qu'ils aient connu une exploitation artisanale par la population locale.

L'exploitation du sel se faisait par creusement de puits et à l'aide de moyens rudimentaires. Cependant cette exploitation a duré plus d'un siècle.

Les premiers travaux de recherche sur la roche saline dans le bassin de Mila ont été entrepris par la SONAREM (1969-1971). Ensuite les travaux de recherche ont été poursuivis par la DRM en association avec TECHNO-SEL, dans les limites des monts de Tassala.

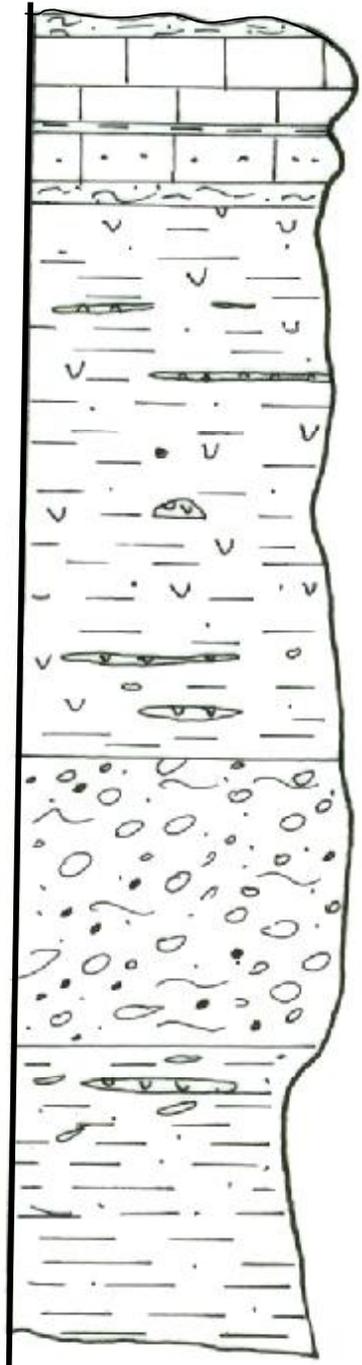
A l'affleurement, les roches salines sont rares. Cette rareté est principalement liée à la grande solubilité du sel gemme et sa dissolution par les eaux météoriques. La solubilité du sel gemme dans l'eau est de l'ordre de 36% à 12°C.

Par ailleurs, la présence dans le bassin de Mila des roches salifères d'âge Mio-Pliocène (P.E.Coiffait, 1992) a engendré la contamination des eaux des nappes superficielles de ce bassin. Cette contamination est bien marquée dans les eaux de l'oued El Melah, de chaabat El Malah et de L'oued Redjas qui sont excessivement salées.

**C/ Le gisement de sel gemme de Tiberguent :**

Le gisement de sel gemme est situé à 4km 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 dispersés dans l'argile rouge.

L'épaisseur de ces couches de sel gemme est assez variable, elle va de quelques millimètres à quelques mètres (5 à 10m) (Fig.V-14).

Epaisseur	Colonne stratigraphique	Description lithologique
		Terre végétale
		Calcaire lacustre travertineux
		Calcaire gréseux à interlits marneux
		Argiles gris bleu admettant en intercalation de niveaux de sels
		Marnes grises admettent en intercalation de petits lits de gypses (1 - 2 m)
		Assise conglomératique rouge
		Marnes à <i>Ostreocrassima</i> et des passées gypseuses et cailloutis
0		

**Fig.VI-14** : Colonne lithologique synthétique du Mio-Pliocène dans le plateau de Redjas avec la présence des dépôts de sel gemme (d'après la notice de la carte géologique 1/50000, Vila; 1980)

## Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila

La forme filonienne du sel gemme est dominée pour l'essentiel par de petits filonnets et veines de section variable (quelques millimètres à quelques centimètres).

Ces filonnets et veines de sel gemme recoupent l'ensemble stratifié sel gemme- argile suivant des directions variées. Ce remplissage des fractures est occupé aussi par un mélange de sel gemme et d'argile.

Le sel gemme est facilement reconnaissable par son goût salé, présent ou encore dans le gisement de Tiberguent, sa couleur variable : elle est blanche, rouge, jaune, bleu grisâtre, ou encore brune mielleuse, dans ce cas, sa couleur est due à la contamination par des oxydes et hydroxydes de fer et aussi par de la matière organique.

### *Description pétrographique de sel gemme :*

Macroscopiquement le sel gemme montre un aspect massif. D'après les données fournies par l'ENA.SEL, la roche est pratiquement monominérale. Elle est composée essentiellement de halite renfermant en inclusions de matière organique (1%), des argiles et des hydroxydes de fer (0.1%).

La présence des impuretés donne à la roche de sel gemme un aspect jaunâtre claire à rosâtre ou encore mielleux. En plus de ces inclusions solides, il y a lieu de signaler la présence dans les cristaux de halite des inclusions liquides sous forme de saumures.

La composition chimique des roches salifères du bassin de Mila peut être résumé comme suit : (ENASEL, 1987)

NaCl= 93.19%

CaSO<sub>4</sub>= 2.96%

MgSO<sub>4</sub>= 0.26%

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>= 0.03%

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>= 1.50%

CaCl<sub>2</sub>= 0.61%

MgCl<sub>2</sub>= 0.23%

KCl<sub>2</sub> (H<sub>2</sub>O)= 0.047% (0.027%)

La teneur du minerai de halite est de 96%, la teneur de l'anhydrite 1% et 3% pour les autres constituants.

## Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila

Selon les données de l'ENASEL, le sel gemme de la région de Mila présente plusieurs habitus :

### **a/ Le sel fibreux :**

C'est un sel pure, transparent, blanc ou orange. Ce type de sel forme le remplissage tardif des fractures traversant les roches encaissantes et salifères.

L'épaisseur de ces remplissages dépend de l'ouverture des fractures (la section de ces remplissages varie de quelques centimètres à quelques décimètres).

### **b/ Le sel blanc, cristallisé :**

Le sel blanc est formé par des grains de halite qui sont intimement accolés les uns contre les autres donnant ainsi à la roche un aspect très compact. La teneur en halite est supérieure à 90%.

### **c/ Le sel saccharoïde :**

Le sel saccharoïde de couleur blanc neige montre une structure moyennement cristallisée. La taille des grains est de 1 à 2mm. Les grains de halite mal cimentés donnent un aspect friable à la roche.

### **d/ Le sel rouge :**

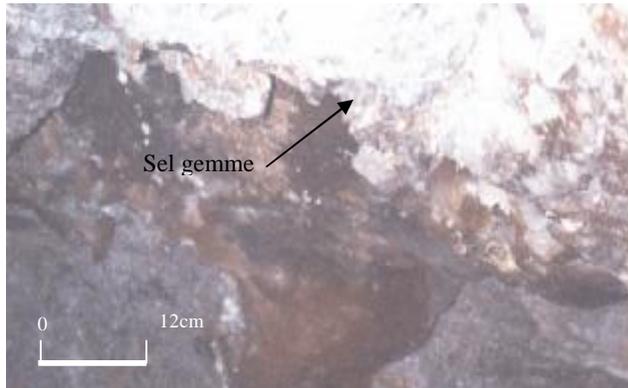
Le sel rouge est de structure finement à moyennement cristalline. Les inclusions d'argiles sont très courantes. Généralement la couleur violet, rouge, brune provient de la présence des hydroxydes de fer et plus précisément du fer trivalent qui donne les teintes rougeâtres (allant de jaune ocre au brun).

### **e/ Le sel vert :**

Le sel vert ou verdâtre est de cristallinité fine ou moyenne. La couleur verdâtre provient de la présence d'argile légèrement sableuse vert ou gris cendre à verdâtre, disséminée dans le sel. Ce type de sel forme de gros bancs de 4 à 5m d'épaisseurs.

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

**Planche. V:** L'aspect morphologique général de gisement de sel gemme de la région d'Ahmed Rachedi (S.Rouibah, 2000)



**Photo.01 :** L'aspect morphologique de sel gemme encaissé dans les marnes grises.



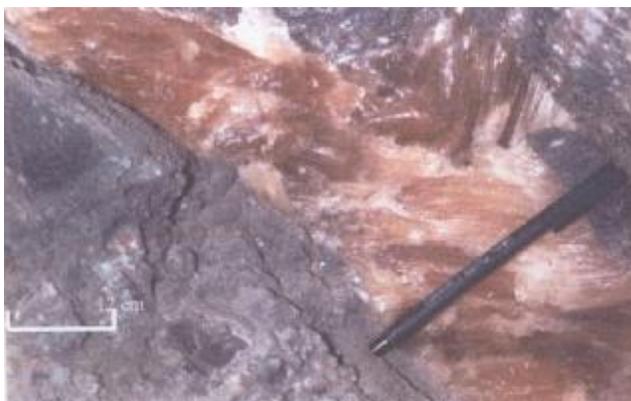
**Photo. 02 :** La forme lenticulaire et en filon de sel gemme dans l'encaissant argileux



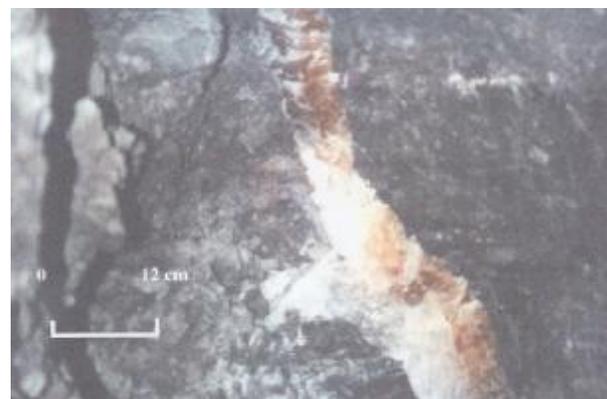
**Photo.03 :** Résidu de sel déposé en surface par les eaux de ruissellements



**Photo.04 :** L'alternance de couches sel gemmes de différentes épaisseurs avec les marnes grises



**Photo. 05:** La morphologie filonienne du sel rouge dans l'argiles grises



**Photo. 06 :** Le remplissage des fractures par de sel blanchâtre

**D/ Méthode d'exploitation du sel de Tiberguent :**

Jusqu'à ce jour, l'exploitation du sel gemme de Tiberguent reste artisanale. Cette exploitation par la population locale s'effectue manuellement par creusement de puits de profondeur variable, allant d'une dizaine de mètres à une vingtaine de mètres et même plus et de galeries.

L'extraction du sel se fait à l'aide de moyens rudimentaires (pelle, pioches et burins). Le sel extrait est chargé dans des sacs, qui sont remontés en surface à l'aide de cordes. Cette exploitation manuelle du sel se fait de manière sélective. En effet, seules les couches ayant une certaine épaisseur (une dizaine de centimètres) sont exploitées.

L'exploitation du sel se fait de manière anarchique et les normes de sécurité font défaut. Les principaux risques rencontrés dans cette exploitation sont :

- Inondations assez courantes, surtout en période pluviale.
- Effondrement des galeries et puits en raison du manque de soutènement.

En raison de ces risques, l'exploitation du sel ne se fait qu'en saison sèche.

***Remarque :***

Au cours de notre étude, les autorités locales de la Wilaya de Mila ont interdit l'exploitation anarchique du sel.

Par ailleurs, cette région est retenue comme projet de recherche et d'évaluation du potentiel en sel gemme pouvant faire l'objet d'une exploitation industrielle.

**Caractéristiques géologiques et minières des dépôts évaporitiques du bassin de Mila**

**V-3-8- Les autres indices des roches salifères:**

Les travaux de prospection réalisés par la SNMC durant l'année 1975, on mis en évidence d'autres sites minéralisés en gypse. Ces derniers peuvent être résumé comme suit:

Ces indices sont d'extension limitée. Se sont des indices de gypses et de sel gemme, mais difficilement accessibles.

<b>Indices</b>	<b>Aspect de gypse</b>	<b>Composition chimique</b>	<b>Teneur du minerai</b>	<b>Réserves en gypse</b>
M <sup>at</sup> lakfal (n°41) (x=821-y=368)	Le gypse est d'aspect microcristallin de couleur blanche, avec une solidité un peu plus élevée.	CaO= 32.64% SO <sub>3</sub> = 47.04% H <sub>2</sub> O= 18.56%-18.67% Residu insoluble= 0.18%-0.25%	Gypse= 89% Anhydrite= 9%-10%	5 milliers de tonnes
Indice n°24 (x=834-y=365.900)	Le gypse est d'aspect cristallin et de couleur gris foncée	CaO= 31.81% SO <sub>3</sub> = 44.16% H <sub>2</sub> O= 19.06% Residu insoluble= 2.45%		4 à 6 milles m <sup>3</sup>
Si Moulei Abessa	Un petit indice de gypse au contact des dépôts grésos_argileux			
A 20km au NW de Mila	Le gypse est d'aspect cristallin et de couleur gris clair.			Sur une étendue de 1 à 5km

## Conclusion générale

Le bassin de Mila forme la partie occidentale du grand bassin néogène Constantinois, appelé communément le bassin Mila-Constantine.

Sur le plan géologique, le bassin Mila-Constantine, résultant de la restructuration tectonique du Mio-Pliocène, a été comblé par des matériaux détritiques continentaux essentiellement représenté par des conglomérats, argiles, grès, sables, graviers et des dépôts évaporitiques représenté par du gypses et du sel gemmes et des dépôts de calcaires lacustres.

Sur le plan géomorphologique, le bassin de Mila est marqué par des parties sur élevées correspondantes aux zones septentrionales et méridionales délimitées généralement par des failles normales de directions EW [faille de la chaîne numidique], et une partie centrale en dépression.

La sédimentation durant le Mio-Pliocène dans ce bassin est marquée par des cycles de dépôt et des épisodes de non dépôt. Elle présente une grande analogie avec la sédimentation en milieu lagunaire. La répartition spatiale des différents dépôts argileux et évaporitiques dans cette dépression serait probablement en relation avec des incursions marines à plusieurs reprises, ce qui donne de temps à autre des dépôts marins (voir les argiles à *Ostreocrassissima* reconnue au NE de Mila). Par ailleurs, cette répartition laisse apparaître une individualisation de ce bassin en plusieurs petites lagunes correspondant aux endroits de dépôt d'argiles et des évaporites.

Les dépôts de gypses et de sel gemme, qui s'intercalent dans les argiles et les marnes traduisent généralement d'anciennes surfaces d'évaporations lors des épisodes de non dépôts des sédiments terrigènes.

Selon coiffait (1992), cette sédimentation néogène de bassin de Mila, se caractérise par trois cycles sédimentaires, formé de bas en haut :

- Un 1<sup>ère</sup> cycle : caractérisé par des marnes grises d'âge Miocène inférieur, avec parfois la présence des passées gypseuses moins importantes.
- Un 2<sup>ème</sup> cycle : caractérisé par des intercalations d'argiles rouges à ocres, de gypses et des dépôts conglomératiques de teinte rouge vive à éléments hétérométriques et à ciment généralement faible. Ce cycle est d'âge Miocène supérieure.
- Un 3<sup>ème</sup> cycle : représenté par le dépôt de calcaires travertineux et de marno-calcaires avec des petites éléments bréchiqes, qui appartiennent au Pliocène.

La nature des dépôts détritiques (argiles et marnes) et leur répartition spatiale traduisent la présence de zone profonde de la sédimentation. L'alternance rythmique des horizons évaporitiques dans ces dépôts argileux et la variation de leur épaisseur reflète les conditions de sédimentation (périodes sèches et périodes humides).

Sur le plan tectonique, le bassin de Mila montre les effets de la néotectonique post néogène. Cette néotectonique a engendré le morcellement des formations compétentes des dépôts néogènes (calcaires lacustres, grès, dépôts conglomératiques et dépôts évaporitiques), elle s'accompagne par un réseau de fracturation à petite échelles. Ces fractures ont permis le développement d'une nouvelle morphologie des dépôts évaporitiques (en filon et en veinule).

Les dépôts évaporitiques du bassin de Mila sont principalement formés de gypse et de l'halite. Les minéraux accompagnateurs sont formés par de l'anhydrite, de la calcite et des oxydes et hydroxydes de fer. Signalons l'absence totale des autres sels habituels tel que la sylvite et la carnalite, car la séquence évaporitiques idéale est absente ou très rare.

Sur le plan minier, le bassin de Mila offre en plus du potentiel en dépôts évaporitiques, des matériaux utiles pour l'industrie céramique et briqueterie (argiles) et des matériaux pour les travaux publics (agrégats, micro-conglomérats et sables).

Les données de terrain et de laboratoire indiquent que la qualité des roches évaporitiques (gypse-anhydrite), du bassin de Mila est constituée de deux générations :

- Une première génération de morphologie en couche formant des amas lenticulaires de couleur généralement jaunâtre, grisâtre à verdâtre, liés a des impuretés.
- Une deuxième génération de morphologie filonienne et veinule de couleur blanchâtre bien cristallisé et dépourvue d'impureté. Ces filons et veinules forme le remplissage des fractures affectant les dépôts néogènes de bassin.

Le gros nombre d'indice et de gisement reconnus dans différents endroits le bassin de Mila permet d'envisager des plans de prospection pour la mise en évidence des zones favorables pour des sites potentiels évaporitiques. Les outils qui s'embles être à priori serait l'outil de la géophysique de sub-surface et de sondages de vérification.

## BIBLIOGRAPHIE :

- Aris Y. (1994) : Etude tectonique et microtectonique des séries Jurassiques à Plio-quaternaires du Constantinois central (Algérie Nord-Oriental) : caractérisation des différentes phases de déformation. Thèse. Univ. Nancy, pp. 1-31.
- Bouillin J.P & Raoult J.F ( 1971) : Présence sur le socle kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des Flyschs, le numidien peut-il être un néo-autochtone, Bull.Soc. géol.Fr (7), XIII, pp.338-362, Paris.
- Bouillin J.P. (1977) : Géologie alpine de la petite kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie). Thèse Paris, ronéot. 509p.
- Bouillin J.P. (1979) : La transversale de Collo et d'El-Milia (petite kabylie) : une région clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie. Mém.Soc.Géol, nouv série, pp.1-84.
- Bouillin J.P. (1986) : Le bassin maghrébin, une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. Soc. Géol. France, pp.547-558.
- Busson G. (1969) : Sédimentation, transgression et paléogéographie sur les grandes plate- formes du Mésozoïque : l'exemple du Cénomaniens- Turonien du NE de la plate forme saharienne et de Berberie. Bull. Soc géol, pp.687-701.
- Busson G. (1974) : Le Trias évaporitique d'Afrique du Nord et d'Europe occidentale : donnée sur la paléogéographie et les conditions de dépôt. Bull. Soc géol, n°6, pp.653-665.
- Busson G. (1988) : Relations entre les types de dépôts évaporitiques et la présence des couches riches en matières organiques (roches mères, potentielles). Revue de l'institut français de pétrole, pp.181-215.
- Caire A. (1957) : Etude géologique de la région de Biban (Algérie). Thèse. Paris. Bull. serv. Carte géol, nouv série, pp1-818.
- Chadi M. (2004) : Cadre géologique et structural des séries Crétacées néritiques du Constantinois (Est –Algérien). Thèse de doctorat. Univ de Constantine, pp.17-70.
- 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.

- **Deleau P. (1939) : Etude géologique des régions de Jemmapes, Hammam Meskoutine et du col des oliviers, n°14, t.1, 551p, Alger.**
- **Durand. Delga M. (1955) : Etude géologique de l'ouest de la chaîne numidique (Algérie). Thèse sciences, Paris Bull. Serv carte géol. Algérie, 2° série, n°24, 533p.**
- **Durand. Delga M. (1969) : Mise au point sur la structure de NE de Berbérie. Publ Serv. Carte géol. Algérie, n°39, pp.7-12 & pp.129-519.**
- **Durand. Delga M. & Fontboté. (1980) : Le cadre structural de la méditerranée occidentale. Rech. Géol. Minières, t.2, n°115, pp.67-85, Paris.**
- **Durozoy G. (1960) : Etude géologique de la région de chateaudum de Rhumel. Thèse.n°22, 456p. Alger.**
- **Elément de pétrologie et sédimentologie, <http://WWW.Ulg.ac.be/géopétro>, pp.32-37.**
- **Encyclopédie Microsoft ® Encarta ®. 2004.**
- **EREM- ENASEL. (1987) : Rapport inventaire et perspective en sels sur le territoire national (partie nord de pays).**
- **Flandrin J. (1938) : Contribution à l'étude stratigraphique du nummulitique Algérien. Sc. Paris.**
- **Gelard J.P. (1969) : Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif du chettabah : le flysch maurétanien (grande kabylie). Bull. Soc. géol. Fr. (7), pp.676-686, Paris.**
- **Glangeaud L. (1932) : Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Thèse. Série n°32, 751p, Paris.**
- **Greco 52 (CNRS). (1986) : Les séries a évaporites en exploitation pétrolière. Edition Techniq. 217p, Paris.**
- **Guelal S & al. (1977) : Les formations de type peni-tellien dans l'Est de l'Algérie : stratigraphique, faciès, position structurale et paléogéographique. Bull. Soc. Pp.101-112, Afrique du Nord.**
- **Guergour L(1990) : Rapport géologique de gisement de sel gemme. ENASEL, pp.56-83.**

- **Guirand R. (1973) : Evolution post- triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude de bassin de Hodna et des régions voisines. Thèse, Nice.**
- **Jaques. Beauchanp @ Sc.U-picardie. Fr. includepicture. [http://WWW. U-picardie. Fr/beauchm/cours-sed/sed11-2gif\\*Mecgeformatinet](http://WWW.U-picardie.Fr/beauchm/cours-sed/sed11-2gif*Mecgeformatinet) (2001), 5p.**
- **Joleaud J. (1912): Etude géologique de la chaîne numidique et des Monts de Constantine. Thèse, 438p. Paris et Montpellier.**
- **Kazi. Tani N. (1986) : Evolution géodynamique de la bordure nord Africain : le domaine intra plaque nord- Algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse, 886, Pau.**
- **Kieken M. (1962) : Esquisse tectonique de l'Algérie (Algérie du nord). Exposé sur les connaissance actuelle de la structure de l'Algérie et présentation d'un carte tectonique au /1000000. Publ. Carte géol. Algérie, série n°31.**
- **Konprost et al. (1977) : Association ultrabasique de petite kabylie péridotites de type alpin et complexe stratifié. Comparaison avec les zones internes Béticorifaines.**
- **Laffite R. (1938) : Etude géologique de l'Aurès. Publ. Serv. Carte géol. Bull. n°5, 451p. Alger.**
- **Lahondère J. C. (1979) : Datation des grès numidien d'Algérie orientale, pp.775-778, Paris.**
- **Lahondère J.C & magne J. (1983) : L'évolution du domaine néritique Constantinois dans la région de Guelma (Algérie) a la fin de secondaire et au début de tertiaire : conséquences paléogéographiques, pp. 775-778, paris.**
- **Lahondère J.C. (1987) : Les séries ultra-telliennes d'Algérie nord orientale et les formations environnantes dans leur cadre structural. Thèse, pp.8-19 & pp.94-97, Toulouse.**
- **Leikine M. (1974) : Essai d'interprétation structurale d'une transversale au SW de Bejaia (Algérie) . les babor et la région sub-baborienne. Bull.Soc.Hist.nat.Afr.Nord, pp.439-456, Alger.**
- **Menez L & Dieudonné P. (1983) : Assistance technique à la prospection de carrière de dolomie- calcaire- feldspath et gypse, pour l'utilisation verrière. Rapport de la mission S.G.V.Samin.**
- **ORGM. (1996) : Potentialités minières en substances utiles non métalliques pour le développement de l'industrie de al Wilaya de Mila, 35p, Tebessa.**

- **ORGM. (1999) : Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie Wilaya de Mila, 34p, Boumerdès.**
- **ORGM. (1999) : Tableaux des caractéristiques des gîtes de substances utiles non métalliques dans la Wilaya de Mila, 6p.**
- **Raoult J.F. (1969) : Nouvelles données sur les flyschs du nord de kef Sidi Driss et dans la zone de col des oliviers (Nord du Constantinois, Algérie).**
- **Raoult J.F. (1972) : Précision sur le flysch massylien : série stratigraphique, variations des faciès, nature du matériel remanié (Nord de Constantine). Bull, pp.73-92.**
- **Raoult J.F. (1974) : Géologie de centre de la chaîne numidique (nord de Constantine, Algérie) Thèse, pp.1-163, Paris.**
- **Raoult J.F. (1975) : Evolution paléogéographique et structurale de la chaîne alpine entre le golfe de Skikda et Constantine (Algérie orientale). Bull, pp. 394-409.**
- **Rouibah S. (2000) : Contribution à l'étude des substances utiles non métalliques (Argiles, gypses & sel gemme) du bassin de Mila. Mém d'ing. Géol minières, 56p.**
- **Rullan F.P. (1985) : Recherche sur l'érosion dans quelques bassins du Constantinois, 376p. Algérie.**
- **Sareav Y. (1976) : Rapport sur les travaux de recherches, reconnaissance sur le gypse exécutés dans la région de Constantine.**
- **SNMC. (1975) : Rapport sur les travaux géologique de prospection. Constantine.**
- **SO.Plat.spa. (1990) : Etude de faisabilité, unité de production de plâtre médical et industriel. SOMACO.Mila.**
- **Van de Fliert J.R. (1955) : Etude géologique de la région d'Oued Athmania. Publ, nouv série, n°3, 264p, Algérie.**
- **Vila J.M. (1978) : Définition de la nappe néritique Constantinoise, éléments structural majeur de la chaîne alpine d'Algérie orientale.C.R.SOC, pp.404, Paris.**
- **Vila. J.M. (1980) : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens I.II.III.Thèse. Es-sciences, pp.139-174, Paris.**

- **Voute C. (1967) : Essai de synthèse de l'histoire géologique des environs d'Ain Fakroun, Ain Babouche et des régions limitrophes. Bull.Soc.Carte géol, N°36. Algérie.**
- **Wildi W. (1983) : La chaine tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure stratigraphique et évolution du Trias au Miocène. Rev géol. Dyn, pp.201-297.**
- **Cartes Topographiques :**
  - **Carte de Sidi Driss, Feuille n°51, Ech. 1/50000.**
  - **Carte de Sidi Mérouane, Feuille n°50, Ech. 1/50000**
  - **Carte de Redjas El Ferrada, Feuille n°72, Ech. 1/50000**
- **Cartes géologiques :**
  - **Carte de Sidi Driss, Feuille n°51, Ech. 1/50000 + Notice explicative, Joleand L. (1908).**
  - **Carte de Sidi Mérouane, Feuille n°50, Ech. 1/50000 + Notice explicative Durnd. Delga M. (1952).**
  - **Carte de Redjas El Ferrada, Feuille n°72, Ech. 1/50000 + Notice explicative, SONATRACH. (1977).**
  - **Carte de Constantine, Eh 1/200000, Vila J.M. (1980).**

## Résumé :

Le bassin de Mila, formant la partie occidentale du grand bassin néogène constantinois, recèle un potentiel en substances utiles non négligeable.

Les principales substances utiles de ce bassin sont représentées essentiellement par des dépôts évaporitiques (gypses et sel gemmes) et des argiles. La mise en place de ces dépôts est liée à l'évolution géodynamique et sédimentologique de ce bassin au cours des temps géologiques et particulièrement durant le Mio-Pliocène.

La répartition spatiale des dépôts évaporitiques et leur importance dans le bassin de Mila, montre que les dépôts de gypse sont plus répandus et plus importants que ceux du sel gemme, dont la présence reste limitée à la région d'Ahmed Rachedi. Par ailleurs, les dépôts de gypse se particularisent par une grande variation d'épaisseur d'une région à l'autre. A ce propos, les dépôts de gypse d'importance économique s'observent dans les régions de Guettara, Djebel Dorbane et Ahmed Rachedi.

Les caractéristiques géologiques et géologiques des dépôts évaporitiques du bassin de Mila, laissent apparaître une évolution de ce dernier en un système de petites lagunes fermées, ou se concentrent des saumures.

L'individualisation de petites lagunes à saumures riche en Ions  $\text{SO}_3^{--}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  et sous l'effet de l'évaporation engendre la précipitation de gypse et de sel gemme.

La morphologie des dépôts de gypse et de sel gemme du bassin de Mila laisse apparaître, une 1<sup>ère</sup> génération d'évaporites en couches alternant souvent avec des niveaux d'argiles, de marnes et de calcaires lacustres et une 2<sup>ème</sup> génération de morphologie filonienne, sécante au litage des formations précédentes. Cette dernière génération est le résultat des phénomènes de dissolution et de précipitation dans les fractures engendrées par la néotectonique post-dépôt évaporitiques.

## Summary

The basin of Mila, forming the Western part of the large Neocene basin Constantinois, conceals a potential in useful substances considerable.

The principles useful substances of this basin are represented primarily by evaporitic depots (gypsum and rock salt) and clays. The installation of these depots is related to the geodynamic and sedimentological evolution of this basin during geological times and particularly during Mio-Pliocène.

The space distribution of the evaporitic depots and their importance in the basin of Mila, shows that the depots gypsum are more widespread and more important than those of the rock salt, whose presence remains limited to the area of Ahmed Rachedi. In addition, the gypsum depots are particularized by a great variation thickness from one area to another. In this connection, the economic gypsum depots of importance are observed in the areas of Guettara, Djebel Darbane and Ahmed Rachedi.

The geological and geologic characteristics of the evaporitic depots of the basin of Mila, leave apparaitre an evolution of this last in a system of small closed lagoons, or concentrate brines.

The individualization of small lagoons with brines rich in Ions  $\text{SO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  and under the effect of evaporation generate the rock salt and gypsum precipitation.

The morphology of the depots of gypsum and rock salt of the basin of Mila leaves apparaitre, one 1<sup>st</sup> generation of evaporates in layers alternating often with clay levels, marls and water limestones and one 2<sup>nd</sup> generation of slickenside, secant morphology with the litage of the preceding formations. This last generation is the result of the phenomena of dissolution and precipitations in the fractures generated by neotectonic the post-depot evaporitic.

## ملخص

حوض ميله يشكل الجزء الغربي من الحوض النيوجيني القسنطيني الكبير و الذي يحوي علي طاقة غير مهملة من المواد النافعة. أهم المواد النافعة في هذا الحوض تتمثل خاصة في الترسبات الناتجة عن التبخر (الجبس؛ الملح) و الطين.

توضع هذه الترسبات مرتبط بالتطور الجيوديناميكي و الرسوبي للحوض عبر الأزمنة الجيولوجية خاصة خلال الميوسان، البليوسان ( العصر الميوليبوسيني).

التوزيع المكاني للترسبات الناتجة عن التبخر و أهميتها في حوض ميله توضح بأن ترسبات الجبس أكثر انتشارا أو وضوحا مقارنة مع الملح، إذ يبقى التواجد محدود في منطقة أحمد راشدي في حين ترسبات الجبس تتميز بتغير كبير للسلك من منطقة إلى أخرى، و لهذا فالترسبات الجبسية ذات الأهمية الاقتصادية تلاحظ في المناطق التالية: قطارة، جبل ضربان و أحمد راشدي.

الخصائص الجيولوجية و الجيولوجية للترسبات الناتجة عن التبخر في حوض ميله تبرز تطور هذا الأخير على شكل بحيرات شاطئية مغلقة و مبعثرة أين تتركز مملحات غنية بأيونات:  $SO_3^{-2}$ ،  $Ca^{2+}$ ،  $Na^+$ ،  $Cl^-$  و بفعل ظاهرة التبخر نتجت ترسبات جبسية و ملحية.

مورفولوجية ترسبات الملح و الجبس في حوض ميله تبرز على شكل طبقات متناوبة غالبا مع مستويات طينية، مارنية و كلسية، و أخرى متواجدة داخل تصدعات بداخل الطبقات السابقة هذه الأخيرة ناتجة عن ظواهر التحلل و الترسيب التي تحدث في الانكسارات الناتجة عن الحركات التكتونية الحديثة بعد التوضع الأول للترسبات الملحية.