

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Département Génie Minier

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Etude Systématique De La Série Calcaire
De D'Har El Mendjel
Ain Témouchent

Réalisé par :

↪ **MENACER Abdallah**

↪ **BENSAAD Abdelhai**

Dirigé par:

Dr : SEBAI A

Proposé par :

E.N.G

Promotion 2006/2007

ملخص:

إن الهدف من هذا المشروع هو إقامة دراسة جيولوجية لمقلع الكلس لظهر المنجل الواقع بولاية عين تيموشنت، حيث إعتمدت هذه الأخيرة على دراسة بتروغرافية و على تحاليل جيوكيميائية بأشعة X.

هذه الدراسة مكنتنا من وضع خرائط التماثل النسبي لـ MgO و CaO و من ثم إستنتاجنا أن الطبيعة البتروغرافية لهذا المقلع تتمثل في الدولومي.

الكلمات المفتاحية : الكلس، دولومي، جمع عينات، تحليل جيوكيميائي، خريطة النسب المتماثلة.

Résumé

Le but de ce projet était de faire une étude géologique sur le gisement de D'Har El Mendjel (Ain Témouchent), basée principalement sur une étude pétrographique et des analyses géochimiques par fluorescence X.

Cette étude nous a permis d'élaborer des cartes en isoteneurs en MgO et CaO et de constater que la nature pétrographique de ce gisement est représentée par des dolomies.

Les mots clés : calcaire, dolomie, échantillonnage, analyse géochimique, carte en isoteneurs.

Abstract :

The aim of this project is to do a geologic study of the deposit of D'Har El Mendjel (Ain Témouchent), based, in the main, in a petrographic study and geochemical analyzes by fluorescence X.

This study is enabled to us for make the isotenor's maps of MgO and CaO and to state whether the petrography's nature of this deposit is represented by dolomites.

Key words: limestone, dolomite, take of Swatch, geochemical analyze, isotenor's map.

Remerciements

A la fin de ce travail, on a un devoir devant les gens qui nous ont aidé pour le réaliser, pour cela, on présente notre gratitude et nos remerciements à toutes ces personnes, particulièrement :

Notre père et promoteur, Mr. SEBAI .A, qui nous a aidé beaucoup pour réaliser ce travail.

Mr OMRACI. K, le Chef de département Génie minier, pour toutes ses orientations et son aide.

Mr. BAAZIZ, qui était toujours présent pour aider les étudiants stagiaires, et pour toutes ses orientations durant la réalisation de ce travail.

Mr le PDG de l'Entreprise Nationale des Granulats.

Mr BOULAARAF Abdelkader, ingénieur responsable de l'exploitation du gisement de D'har El Mendjel pour tout son aide.

Mr. ACHAB Djamel qui nous a bien orienté pour accomplir les tâches liées à notre projet de fin d'études.

Le topographe de l'ENG M. GUEBBOUB, pour ses aides durant notre stage sur terrain, ainsi au sein de la Direction de l'ENG.

La responsable du centre de documentation, qui nous a facilité la consultation des ouvrages et des documents au niveau de l'ENG.

Nos remerciements pour tout le personnel de l'ENG.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma très chère mère.

A mon père qui m'a soutenu pour me rendre un homme, dès que j'étais un enfant, et me voilà un homme ... père.

A mes chers frères Brahim, Mohamed et le petit Adel.

A mes chères soeurs sans citer leurs noms ...

A mon très cher ami pendant mes études universitaires BEN MEDJEDOUB Nabil.

A mes chers amis : ZIDANI Saad dite badro, DAHMANI Said, SAIDI Noureddine, BELAZZOUC Fateh, Amine.

A mon binôme et mon ami : MENACER Abdallah.

Et la liste est très longue : " à toute personne qui me connais et m'aime".

Abdelhai ...

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- ↪ Ma très chère mère.*
- ↪ A mon père qui m'a soutenu pour me rendre un homme, dès que j'étais un enfant, et me voilà un homme ... père.*
- ↪ A mes chers frères.*
- ↪ A mes chères sœurs.*
- ↪ A mes chers amis.*
- ↪ A mon binôme à ce travail et mon ami : BENSAAD Abdelhai .*
- ↪ Et la liste est très longue : " à toute personne qui me connait et m'aime ".*

Abdallah ...

TABLE DE MATIÈRES

Introduction générale	01
-----------------------------	----

Chapitre I : GENERALITES

Introduction.....	05
-------------------	----

I-1- Les calcaires.....	05
-------------------------	----

I-1-1- Les origines des calcaires.....	06
--	----

<i>A- Les roches calcaires d'origine détritique.....</i>	06
--	----

<i>B- Les roches calcaires d'origine organique.....</i>	06
---	----

<i>C- Les roches calcaires d'origine organo-détritique.....</i>	06
---	----

<i>D- les roches calcaires d'origine chimique et organo-chimique.....</i>	06
---	----

I-1-2- Modes de formation des sédiments calcaires.....	07
--	----

<i>A- une précipitation chimique directe.....</i>	07
---	----

<i>B- Les actions biologiques.....</i>	07
--	----

<i>C- Les actions mécaniques.....</i>	08
---------------------------------------	----

<i>D- Importance de la diagenèse.....</i>	08
---	----

I-1-3- Classification des calcaires.....	08
--	----

I-2- Les dolomies.....	11
------------------------	----

CHAPITRE II : Cadre géologique

II-1- Géologie régionale.....	14
-------------------------------	----

II-1-1- Situation.....	14
------------------------	----

II-1-2- Relief et Climat.....	14
-------------------------------	----

II-1-3- Infrastructure de la région.....	15
--	----

II-1-4- Stratigraphie et lithologie.....	15
--	----

<i>A- Les terrains sédimentaires.....</i>	15
---	----

<i>B- Les terrains volcaniques.....</i>	16
---	----

II-1-5- Hydrogéologie de la région.....	19
II-2- Géologie de gisement.....	19
II-2-1- Situation géographique de gisement.....	19
II-2-2- Stratigraphie et lithologie.....	21
A- Les marnes schisteuses.....	21
B- Les calcaires et les dolomies.....	21
C- Les formations bréchiques.....	22
II-2-3-Tectoniques.....	22
II-3- Les réserves.....	25
II-3-1- Estimation des réserves.....	25
II-3-2- Les éléments du gisement.....	26
II-4- Etudes et les travaux effectués sur le gisement.....	26
II-4-1- Les travaux effectués en 1996.....	26
A- Travaux de sondages carottés.....	27
B- Travaux d'échantillonnage.....	27
C- Travaux de laboratoire.....	27
D- Caractéristiques de l'assise utile.....	28
II-4-2- Les travaux effectués en 1999.....	29
A- Propriétés physique.....	29
B- Propriétés mécaniques.....	29
C- propriétés technologiques.....	29
II-4-3- Les travaux effectués en Mai 2007.....	30
A- Analyse chimique par spectrométrie de fluorescence X.....	30
B- Etude pétrographique.....	31

CHAPITRE III : Etude du gisement

III-1- Echantillonnage.....	33
III-1-1- Prélèvement des échantillons.....	33
III-1-2- Identification des types des échantillons.....	33
A- La première partie.....	33
B- La deuxième partie.....	39
III-1-3- carte de prélèvement.....	42
III-2- Analyse géochimique.....	42

Chapitre IV: Interprétation de gisement

IV-1- Méthodologie.....	46
IV-1-1- Description du logiciel d'interpolation SURFER 8.....	46
IV-1-2- Fichier des données.....	46
IV-1-3- Cartographie.....	47
IV-1-4- Les méthodes d'interpolation.....	47
IV-1-5- Superposition des cartes.....	47
IV-2- Interprétation des résultats.....	47
IV-2-1- Détermination de la nature des échantillons prélevés.....	47
IV-2-2- Réalisation de la carte en isopaques.....	49
A- Détermination de la variance et de l'écart type de la population.....	50
B- Réalisation de la carte en isopaques de CaO et de MgO.....	50
Conclusion.....	54
Bibliographie.....	56
Annexe.....	58



INTRODUCTION
GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ce sujet a été proposé par l'Entreprise Nationale des Granulats (E.N.G), dans le cadre de l'étude de la série de calcaire de D'Har El Mendel.

Cette étude apportera une contribution à la mise en place d'une carte géologique du site permettant une meilleure connaissance de la distribution des sites dolomitiques et calcaires.

Notre travail a porté sur une étude systématique de la série, effectuée en deux étapes, l'une théorique et l'autre pratique.

Durant la partie théorique, on s'est intéressé principalement :

- ↳ à l'étude géologique régionale et locale du gisement concerné ;
- ↳ aux travaux antérieurs relatifs à ce gisement.

Quant à la partie pratique, nous l'avons subdivisée en trois phases :

- ↳ L'échantillonnage sur site : pour cela, nous avons effectué durant le mois de mai 2007, un stage de terrain à D'Har El Mendel (Ain Témouchent), qui nous a permis de réunir les échantillons nécessaires pour la suite de notre travail.

En plus de l'échantillonnage au cours de cette phase, nous avons fait des tests à l'acide sulfurique sur les échantillons pris afin de reconnaître la nature pétrographique de ces roches (calcaire, calcaire dolomitique, dolomie) ; une carte de répartition de ces divers types de roches a été réalisée.

- ↳ Les analyses géochimiques : en collaboration avec le laboratoire du CETIM, nous avons pu réaliser une analyse géochimique en éléments majeurs d'une vingtaine d'échantillons par la méthode de la fluorescence X.

Introduction générale

↪ L'élaboration de cartes en isoteneurs en fonction des teneurs en MgO et CaO des roches analysées, et ce à l'aide du logiciel Surfer 8.

Le résultat de notre étude nous permet de conclure que la dolomie représente la quasi-totalité de la composition pétrographique du gisement.



CHAPITRE I
GÉNÉRALITÉS

Introduction (G. ARQUITE et C. TOURENQ, 1990 ; B. YAKOUB, 1995)

Les roches calcaires et dolomitiques sont des roches sédimentaires carbonatées, résultant de la précipitation de carbonates qui sont le carbonate de calcium CaCO_3 (calcite) pour le calcaire, et le carbonate double de calcium et de magnésium $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (dolomite) pour la dolomie.

On peut diviser pétrographiquement cette série en trois catégories, selon un pourcentage décroissant de calcite en faveur de la dolomite :

- calcaires,
- calcaires dolomitiques ou magnésiens,
- dolomies.

I-1- Les calcaires (P. BELLAIR et C. POMEROL, 1982 ; G. ARQUITE et C. TOURENQ, 1990)

Les calcaires renferment au moins 50% de CaCO_3 . Ils sont rayable à l'acier et parfois à l'ongle (craie) (La dureté de la calcite est égale à 3). A froid, ils font effervescence avec l'acide chlorhydrique :



Très peu solubles dans l'eau pure (13 mg par litre), ils sont solubles dans l'eau chargée de gaz carbonique (jusqu'à 2 g par litre) à cause de la formation du bicarbonate de calcium.



Les structures peuvent être très variées, suivant la dimension, la forme et la proportion des coquilles, et la qualité du ciment.

I-1-1- L'origine des calcaires (P. BELLAIR et C. POMEROL, 1982)

Les roches calcaires ont des origines détritiques, organiques, organo-détritiques, ou chimiques et organo-chimiques.

A- Les roches calcaires d'origine détritique

On rencontre assez fréquemment en pays calcaires des brèches de pente et des poudingues à galets et ciment calcaire. Les graviers calcaires cimentés constituent les Calcarénites.

Lorsque les particules de calcaires sont très fines, on obtient les calcaires lithographiques qui renferment environ 5% d'argile. Leur cassure lisse, leur grain très fin et leur structure homogène les faisaient utiliser en imprimerie, d'où leur nom.

B- Les roches calcaires d'origine organique

Certains animaux et végétaux (Coelentérés, Rudistes, Bryozoaires, Algues) édifient de véritables récifs. Ce sont des calcaires construits qui s'opposent aux calcaires d'accumulations, constitués par la cimentation des tests d'animaux morts.

Pour les calcaires d'origine organique, on peut citer :

- ↪ les calcaires construits : tels que les calcaires Coralliens, à Rudistes, à Bryozoaires, et les calcaires d'Algues ;
- ↪ Les calcaires d'accumulation : comme les calcaires à entroques, à Foraminifères, les Lumachelles.

C- Les roches calcaires d'origine organo-détritique

- ↪ La craie ;
- ↪ Les calcaires bitumeux ou ampéliteux.

D- Les roches calcaires d'origine chimique et organo-chimique

Elles résultent de la précipitation de la calcite sous l'influence de facteurs chimiques ou biochimiques. Ce sont notamment :

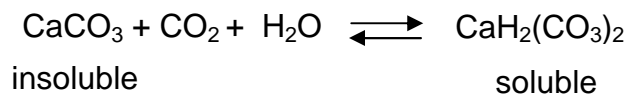
- ↪ les calcaires lacustres ;
- ↪ les tufs et travertins ;
- ↪ Les onyx ;
- ↪ Les calcaires oolitiques ;
- ↪ Les stalactites, stalagmites ;
- ↪ Les calcaires grumeleux ;
- ↪ Les calcaires marneux.

I-1-2- Modes de formation des sédiments calcaires (J. GUILLEMOT, 1973)

Dans les eaux courantes, lacustres ou marines où les ions Ca^{++} et CO_3^{--} sont présents, l'équilibre de la solution est fonction de la teneur en anhydride carbonique. On peut alors avoir les genèses suivantes :

A- une précipitation chimique directe

Elle peut intervenir par rupture de l'équilibre lorsque la pression partielle de CO_2 diminue, ce qui peut s'exprimer par la réaction réversible :



La pression de CO_2 peut s'abaisser pour différentes raisons : variation de pression, augmentation de température, agitation des eaux, actions organiques ...

En général, il semble que le CaCO_3 précipite sous forme d'aragonite instable qui se transforme presque aussitôt en calcite plus stable.

B- Les actions biologiques

Ces actions paraissent les plus communes dans les phénomènes de précipitation et de fixation des carbonates. Plusieurs modalités sont possibles :

- ❖ Fixation de CaCO_3 dans le squelette interne ou externe de certains organismes animaux ou végétaux (mollusques, foraminifères, polypiers, ligues). Après la mort des organismes, les débris du squelette

s'accumulent et forment les calcaires dits bioclastiques et les calcaires construits.

- ❖ Les algues captent, pour l'élaboration des glucides, par photosynthèse, des quantités importantes de CO_2 , ce qui entraîne la précipitation du calcium.
- ❖ Une intervention des bactéries anaérobies qui agissent sur la matière organique en dégageant des sulfates et de l'ammonium paraît également possible, conduisant elle aussi à une rupture d'équilibre ionique des solutions.

C- Les actions mécaniques

Elles ne sont pas étrangères à la formation de certains calcaires ; les vagues et les courants attaquent les calcaires construits, transportent et ressédimentent les débris, donnant ainsi naissance aux calcaires à débris (calcarénites, calcirudites ...).

D- Importance de la diagenèse

Le CaCO_3 est facilement soluble en présence de CO_2 ; les eaux circulant à travers les sédiments ou les roches sont donc capables de dissoudre des carbonates ; et de les reprécipiter ailleurs, parfois très près du lieu de dissolution, il en résulte des variations importantes dans la cristallinité des calcaires.

Enfin, au cours de la diagenèse, la circulation d'eaux renfermant des ions Mg peut entraîner une substitution d'un Mg^{++} à un Ca^{++} créant la minérale dolomite et la roche dolomie : c'est la dolomitisation. Toutefois, il semble que la dolomie puisse précipiter directement dans certaines conditions de température et de pression de CO_2 .

I-1-3- Classification des calcaires (P. BELLAIR et C. POMEROL, 1982)

Il existe deux classifications qui font appel à la structure des roches calcaires : celles de Folk (1959) et de Dunham (1962).

Folk distingue trois principaux types de roches calcaires en fonction des proportions d'allochèmes et de la constitution sparitique ou micritique (microcristalline) du ciment (tableau 01) :

Tableau 01 : Classification des calcaires d'après Folk (simplifiée, in Scolari, Bull. BRGM, sect IV, 1973)

					Calcaires. calcaires dolomitiques et dolomies primaires				
					Allochèmes > 10% roches Allochimiques I.II		Allochèmes > 10% roches microcristallines (III)		< 1% allochèmes
					calcite spathique > calcite microstalline dans le ciment	calcite microstalline > calcite spathique dans le ciment	1 – 10 %allochèmes		
					Roches spathiques allochimiques (I)	Roches cristallines allochimiques (II)			Micrite : si perturbée : dismicrite Si dolomie prép. Dolomicrite
Intraclastes > 25 %					Intrasparudite Intrasparite	Intramicrodite Intramicrorite			
Composition volumétrique des allochèmes	Intraclastes < 25 %	< 25 % oolites	Rapport volume fossiles/fossiles + pelotes	Oolites > 25 %	Oosparudite Oosparite	Oomicrudite Oomicrite	Allochèmes les plus abondants	Micrite à Intraclastes	
				> 3/4	Biosparidute Biosparite	Biomicrudite Biomicrite		Micrite à Oolites	
				> 1/4 et < 3/4	Biopelsparite	Biopelmicrite		Micrite fossilifère	
				< 1/4	Pelsparite	pelmicrite		Micrite Grumeleuse	

Les préfixes sont ceux des mots définis plus haut, qui correspondent aux origines des calcaires. Le suffixe *rud* s'applique aux variétés plus grossières (grains supérieurs à 2 mm). Cette classification très précise suppose un diagnostic sûr et partiellement quantifié.

Par contre, Dunham cherche moins à mesurer qu'à caractériser l'agencement des divers constituants entre eux. A cet effet, il définit les catégories suivantes (tableau 02) :

Tableau 02 : Classification des calcaires (D'après Dunham, 1962, simplifié)

Constituants non liés pendant le dépôt				Constituants liés pendant le dépôt
Boue carbonatée micritique (20μ)		Pas de boue		
Structure empâtée		Structure jointive		
<i>mudstone</i>	<i>wackestone</i>	<i>packstone</i>	<i>grainstone</i>	<i>boundstone</i>

Où les termes suivants correspondent à :

- *Mudstone* : micrite (calcilutite) à rares éléments figurés.
- *wackestone* : grains plus nombreux non jointifs dans matrice micritique (structure empâtée de Pirlet, 1965).
- *Packstone* : grains jointifs sans micrite (structure jointive).
- *Grainstone* : presque uniquement des éléments figurés dont l'assemblage assure structure de la roche.
- *Boundston* : calcaires construits récifaux, calcaires à stromatolites, tufs travertins.

Une nomenclature analytique plus commode à utiliser et de conception naturaliste a été proposée par Scolari et Lille (1973). Elle consiste à désigner la roche par un nom composé à partir des éléments du tableau 03, par exemple :

☞ biocalcirudite à lamellibranches et brachiopodes.

- ☞ Pelcalcarénite.
- ☞ intracalcirudite oolitique (les oolites sont subordonnées aux intraclastes).

Tableau 03 : Nomenclature analytique des roches carbonatées (d'après Scolari et Lille, Bull. BRGM, sect IV, 1973)

1 ^{ère} préfixe	2 ^{ème} préfixe	substantif	Précisions éventuelles	Ciments	Matrices
Bio (bioclaste)	Calci ou calc	Rudite	A pelotes	A ciment de micrite	A matrice de (toutes roche déjà citées)
Lito (litoclaste)	Dolo ou dol	Arénite	Oolitique	A ciment spathique	
Intra(Intraclaste)		lutite	A lamelli-branches, etc		
Oo (Oolite)					
Pel (pelote)					

I-2- Les dolomies (J. GUILLEMOT, 1973 ; P. BELLAIR et C. POMEROL, 1982)

Les dolomies sont formées par des cristaux de dolomite $(CO_3)_2Ca Mg$. Tous les termes de passage au calcaire peuvent exister, le terme de dolomie s'appliquant lorsque la proportion de dolomite dépasse 50%; pour des teneurs inférieures et décroissantes, on désigne successivement la roche par les termes de dolomie calcaire et calcaire dolomitique.

Les roches dolomitiques sont rarement formées de dolomite pure et renferment généralement un certain taux de calcite. Elles sont un peu plus dures que les roches calcaires (dureté 3,5 à 4), et ne font pas en général effervescence à froid à l'acide chlorhydrique, mais à chaud ou après pulvérisation.

La plupart des cargneules (dolomies cavernueuses) font plus vivement effervescence à l'acide que les dolomies compactes. Mentionnons aussi l'existence de sables dolomitiques. Certaines dolomies ont une odeur fétide sans qu'on connaisse exactement la nature des produits en cause.

Les processus de dolomitisation ne sont pas encore parfaitement élucidés. Dans certains cas, la roche déposée dans des eaux magnésiennes, est originellement dolomitique. Dans d'autres cas, la dolomitisation est secondaire :



Il en résulte la disparition de toute structure organisée organique (coquilles) ou minérale (oolites). Il semble que la substitution soit contemporaine du sédiment ou très peu postérieure. Elle peut s'effectuer soit en milieu continental, soit le plus souvent en domaine marin néritique et parfois en milieu océanique profond.



CHAPITRE II
CADRE GÉOLOGIQUE

II-1- Cadre régionale (A. BEY, 1996 ; K. KHADRAOUI et N. CHERIFI, 1996)**II-1-1- Situation**

La wilaya de Témouchent est située dans la partie centrale de l'Algérie Nord-Occidentale. Elle est limitée au Nord par la Mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya d'Oran, au Sud par la wilaya de Sidi Bel-Abbès et à l'Ouest par la wilaya de Tlemcen.

La commune d'El Maleh, où se localise la carrière d'étude, est distante de 12 Km de Ain Témouchent. Elle est limitée à l'Ouest par les montagnes de Aicha Touila, Djebel D'har El Mendjel et la commune de Terga ; à l'Est par la commune de Hammam Bouhdjar ; au Sud par la commune de Chaabat El Ham et au Nord par la commune de Hassi El Ghella. La carrière de D'har El Mendjel est située à 5-6 Km au nord-Ouest de la ville d'El Maleh.

II-1-2- Relief et Climat

Concernant le relief et d'après les études faites, la wilaya se subdivise en trois parties distinctes :

- une première partie représentée par des zones semi-montagneuses au sud de la wilaya et marquant la limite avec la wilaya de Sidi Bel-Abbès.
- Une deuxième partie centrale représentée par des plaines et couvrant la moitié de la superficie de la wilaya.
- Une partie côtière représentée par les zones rocailleuses avec quelques portions de plaines.

Du point de vue climat ; la wilaya se caractérise par deux types climatiques se rapportant chacun à une zone. En général, la majeure partie de la wilaya est marquée par un climat semi-continentale ; avec des étés très chauds et des hivers froids. Les températures varient de 5° en hiver et même moins à plus de 42° en été, avec des moyennes de 10° en hiver et de 31° en été.

II-1-3- Infrastructure de la région

L'infrastructure routière de la wilaya, ainsi que la région de la carrière est desservie par la route nationale n°35 ; qui relie Oran à la frontière Algéro-Marocaine.

La voie ferrée Es-senia – Oran – Témouchent, et qui continue jusqu'à Beni Saf, passe à environ 5 Km au sud de la carrière.

De plus, de nombreux chemins de wilaya desservent les localités entre elles. Du point de vue infrastructure énergétique ; deux lignes de tension supérieure à 30 KV passent juste à proximité du gisement.

II-1-4- Stratigraphie et lithologie (figure 01)***A- Les terrains sédimentaires******A-1- Le Trias***

Il affleure au Sud du massif de D'Har El Mendjel. Il est représenté généralement par des argiles bigarrées rougeâtres, lie de vin parfois vertes et violacées ; associées à du gypse et à du sel, qui empreignent ce terrain à la surface duquel on recueille de nombreux cristaux de quartz bipyramidés.

Ces affleurements sont en effet nombreux, mais ils sont recouverts par des alluvions caillouteuses et poudingues tertiaires ; qui forment la plus grande partie du sol de la plaine de Ain Témouchent.

A-2- Les calcaires liasiques

Ils forment les deux principaux pointements de Djebel Touita et de D'har El Mendjel. Il s'agit de calcaires qui affleurent en grands bancs gris ou bleu grisâtre très fissurés ; et entrecoupés à l'échelle locale par de nombreux filonnets de calcite.

Ces formations passent plus haut à des dolomies du même âge ; plus compactes et plus marmorisées.

A-3- Les schistes Callovo-Oxfordiens

Il s'agit de schistes verdâtres intercalés de filonnets de calcite, parfois ferrugineuses et de lentilles de quartzites. Ces formations forment la base des massifs de Djebel Touita et de D'Har El Mendjel.

A-4- Les formations Néocomiennes

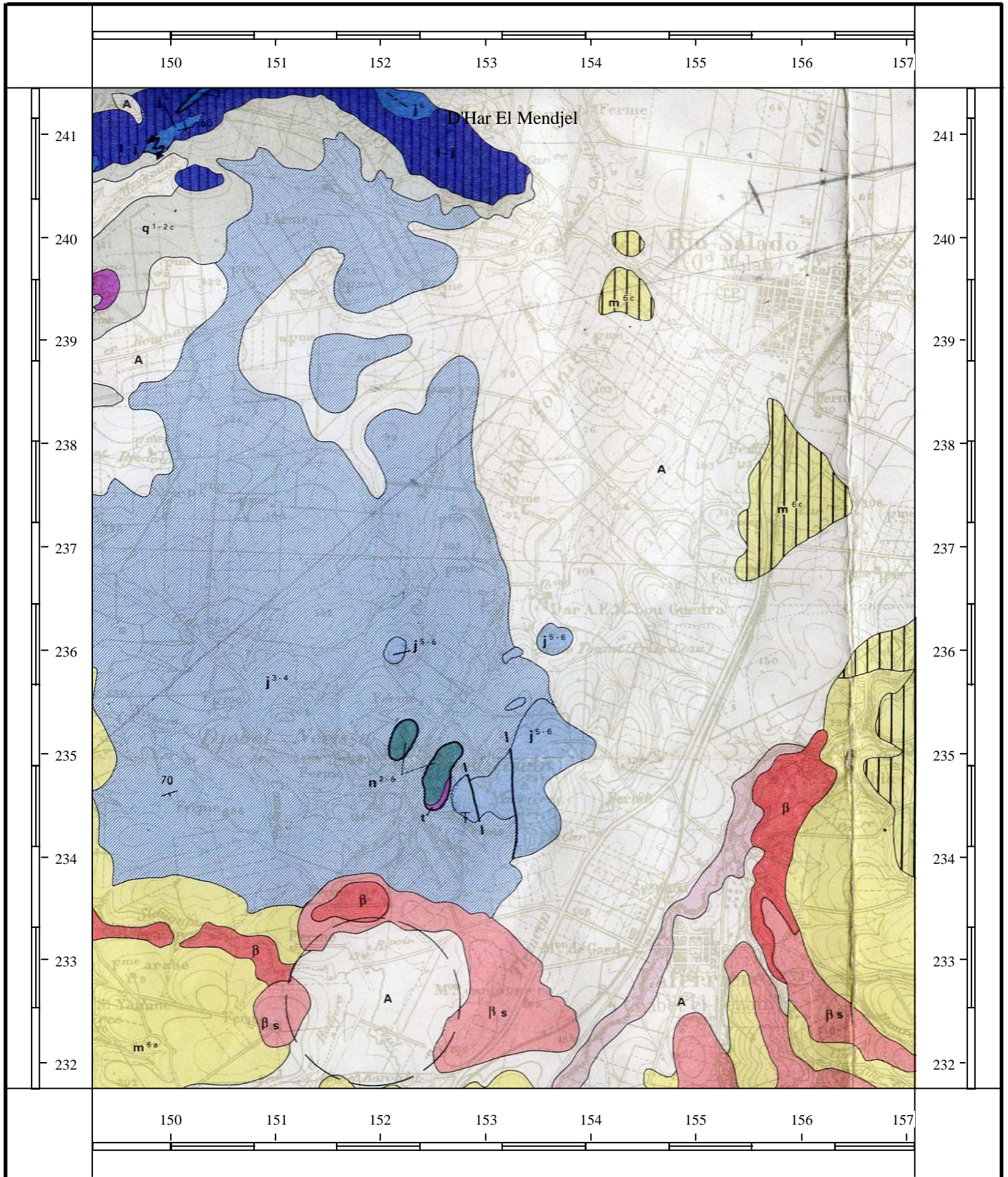
Elles correspondent à des schistes et des quartzites, des schistes argileux avec des intercalations de lentilles de quartzites, qui forment le centre de ces formations.

A-5- Les terrains Quaternaires

Ils sont représentés par un limon de colmatage qui se dépose dans les courbes à fond plat, soit sur les marnes de l'Eocène inférieur, soit dans les bas fonds qui sépare les mamelons Oligocènes ou Pliocènes.

B- Les terrains volcaniques

Les basaltes apparaissent en lambeaux épars aux voisinages de l'Ophite au Sud d'El Maleh et juste au Nord du village de Chaabat. Il s'agit de coulées basaltiques ou de produits pyroclastiques, qui forment la majorité de ces terrains, de basalte doléritique ou de labradorite à olivine altérée.



Echelle 1/ 50 000

Figure 01 : Carte géologique de AIN TEMOUCHENT (Office National de la géologie)
(1987)

Légende de la carte géologique de Ain Témouchent

Néocomien à Cénomaniens . Marnes vertes et calcaires marneux clairs .
Néocomien à Albien supérieur . Marnes .
Néocômien . Marnes .

Jurassique supérieur . Calcaires .

UNITÉ ALBO - CENOMANIENNE

Vraconien - Coniacien . Marnes et marno - calcaires .

Aptien - Albien - Pélites et grès .

UNITÉ METAMORPHIQUE

Jurassique supérieur . Schistes .

Lias - Jurassique moyen . Carbonates .
 a- brèches dolomitiques .
 b- Calcaires métamorphiques .

TRIAS

Argilites , gypse , dolomies noires , "ophites" et blocs alloènes .

ROCHES ERUPTIVES

Basaltes ou basanites . Produits pyroclastiques dominants .

Basaltes ou basanites . Coulées dominantes .

SIGNES CONVENTIONNELS

--- Limite stratigraphique et contact antétectonique interne des unités allochtones .

--- Contact tectonique entre unités différentes .

--- Faille .

30° Pendage et valeur en degrés .

--- Pendage vertical .

~ Couches microplissées .

F Gite fossilifère .

o Source chaude .

o Centre d'émission volcanique .

II-1-5- Hydrogéologie de la région

La région de Ain Témouchent et ses environs sont assez favorisés en eau. Bien que la pluviométrie y soit médiocre (les précipitations ne dépassent en moyenne que 400 mm/an), celles-ci sont aisément absorbées par les terrains perméables oligocènes et pliocènes.

La nappe, certainement abondante que retiennent les marnes sous-jacentes, est malheureusement salée en beaucoup de points comme l'indique l'appellation de "Oued El Maleh".

Dans le Pliocène récent, les puits rencontrent de l'eau habituellement potable, dans les lentilles de poudingues qui s'intercalent au milieu des limons.

II-2- Géologie de gisement (A. BEY, 1996)**II-2-1- Situation géographique de gisement**

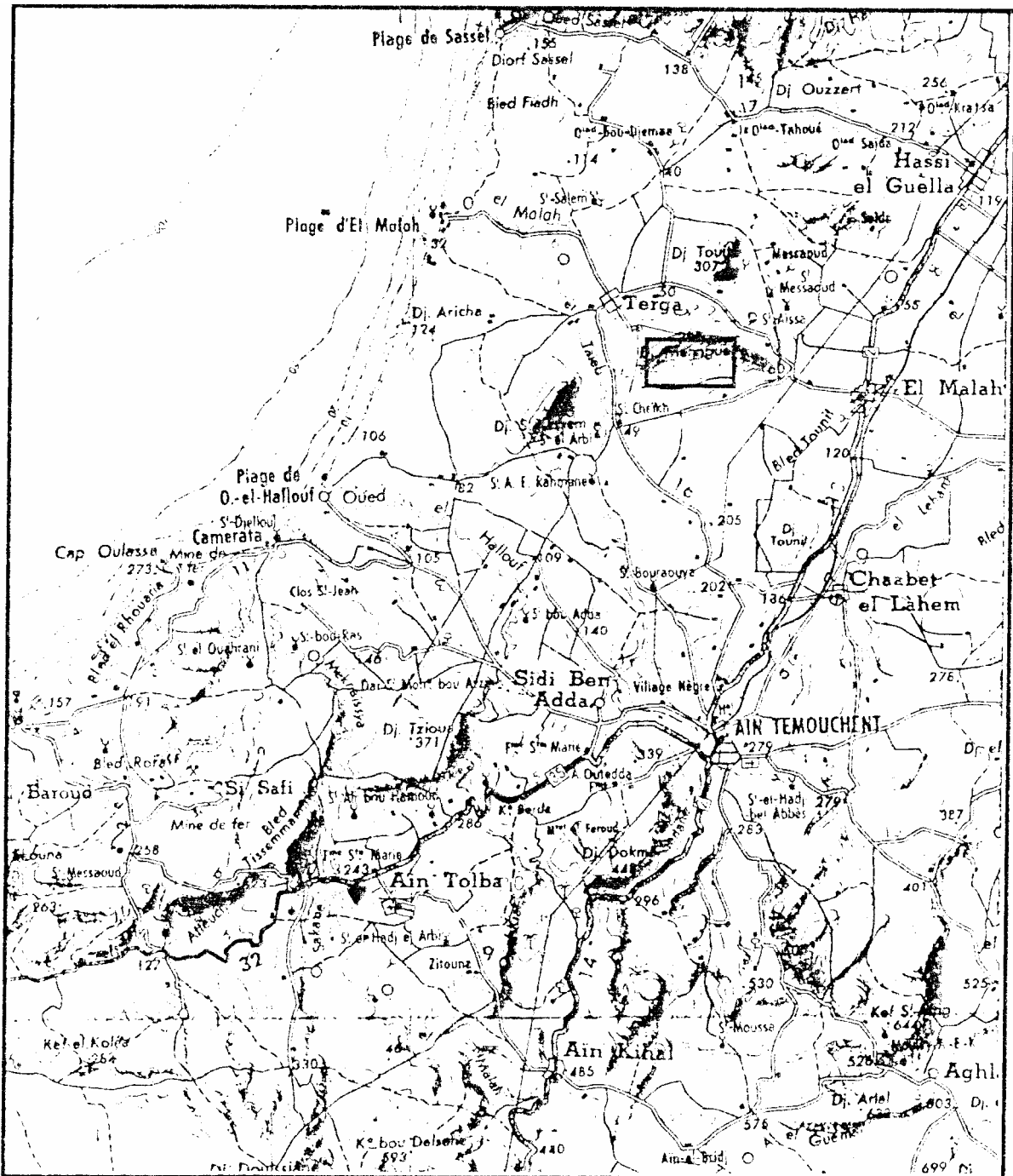
Le massif de D'Har El Mendjel est situé à 5-6 Km au Nord-Ouest de la ville d'El Maleh sur le côté gauche de la route menant à Terga. Du point de vue administratif, les terrains occupés par le gisement appartiennent à la commune d'El Maleh (figure 02).

Les coordonnées Lambert du périmètre englobant le gisement sont les suivantes :

Tableau 04 : coordonnées Lambert du périmètre exploité

Points	X	Y
A	151.73	241.60
B	153.30	241.60
C	153.73	240.30
D	153.30	240.30

Figure 02 : Carte de situation du gisement de D'Har El Mendjel



Gisement D'har El Mendjel.

Echelle : 1/200000

II-2-2- Stratigraphie et lithologie

D'après les observations de terrain et les résultats de sondages, les formations qui constituent le massif de D'Har El Mendjel sont composées essentiellement des marnes schisteuses verdâtres, de dolomies, et de dolomies calcaires ainsi que des brèches à éléments calcaires et dolomitiques baignant dans une matrice carbonatée tuffogène.

Du point de vue datation de ces formations, la plupart des géologues qui ont étudié la région les attribuent au Lias pour les formations calcaire-dolomitiques et au Jurassique Supérieur pour les marnes schisteuses.

Donc, au vu de toutes ces données, on peut résumer la composition stratigraphique et lithologique de ce massif de la manière suivante (de bas en haut) :

A- Les marnes schisteuses

Affleurant surtout au Sud du massif, où elles représentent une bande assez large de 100 à 200 m. Leur puissance dépasse la centaine de mètre. Du point de vue lithologique, il s'agit d'une roche d'aspect verdâtre à verte brunâtre parcourue par des petits filonnets de calcite, avec parfois des rognons de calcaires marneux.

D'après les résultats de sondage (rapport de l'ENG), a été remarqué une alternance de bancs de marnes avec des marnes argileuses, qui gisent avec un pendage de 25 à 30° vers le Nord et qui constitue l'autochtone de la région.

B- Les calcaires et les dolomies

La limite entre les formations de base, qui sont les marnes avec ces formations, est très nette ; et semble beaucoup plus ressembler à une discordance tectonique. En réalité, il s'agit du contact entre l'autochtone schisteux et l'allochtone carbonaté, dont les lambeaux constituent le massif de D'Har El Mendjel et le massif de Djebel Touita.

Sur le terrain, la différenciation entre les dolomies et les calcaires, qui se traduit par une teinte plus claire pour les calcaires, et par une teinte plus sombre pour

les dolomies, peut être observée au voisinage des sondages 7, 8 et 9. Les dolomies sont de couleur bleue foncée, tandis que les calcaires ont une teinte bleuâtre claire à grisâtre.

Le sondage n° 3 a traversé dans toute sa puissance des dolomies sans pour autant rencontrer des calcaires, ce qui laisse supposer que les deux collines composant le massif étudié forment deux blocs tectoniques bien distincts, séparés par une faille de direction Nord-Est, et composés essentiellement de dolomies avec une mince couche calcaire, se terminant en biseau vers le Sud-Est.

Du point de vue composition pétrographique, il s'agit de dolomies avec un très faible taux d'impuretés (argiles, oxydes, pyrite).

La roche est parcourue de façon très chaotique par de nombreux filons nets de calcite blanche.

La puissance réelle de cette assise dolomitique, d'après les données des sondages, peut être estimée à plus 100m.

C- Les formations bréchiques

Sur le flanc Nord du massif, un grand fossé d'effondrement, d'axe orienté Nord-Ouest Sud-Est, a fait l'objet de remplissage par les éléments calcaires et dolomitiques, cimentés par un matériau tuffogène carbonaté.

Ce type de faciès de formation, assez récent par rapport aux dolomies et les calcaires, est le résultat de processus assez tardif, qui a vu des éléments anguleux provenant de la destruction des formations carbonatées et dolomitiques, venir remplir les fossés d'effondrement ; et se cimenter par un liant argilo-carbonaté durant le Quaternaire.

II-2-3-Tectonique

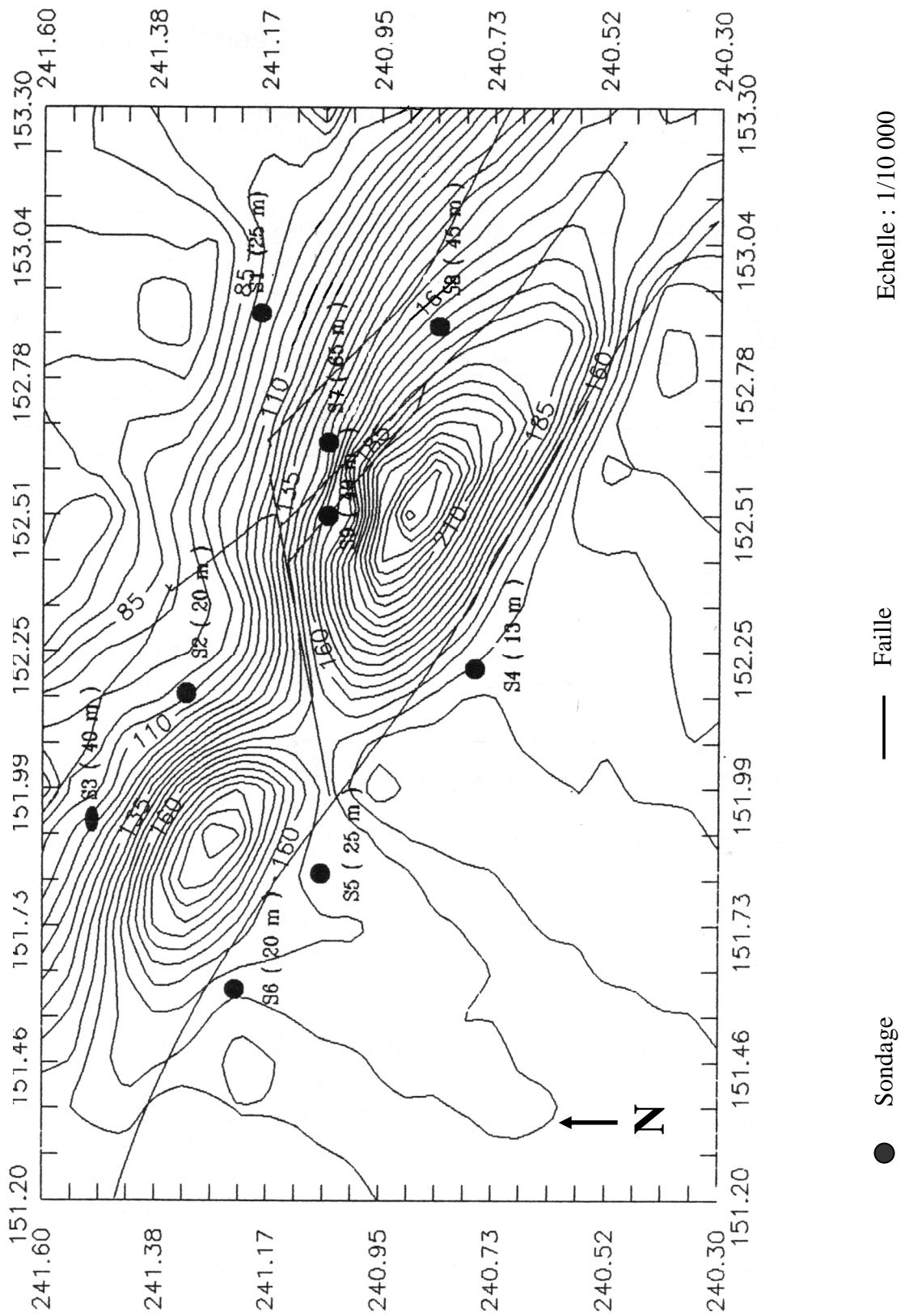
Elle est caractérisée par l'existence de deux failles principales (figure 3). La première faille, de direction Nord-Sud, partage le massif en deux collines. Elle peut être observée au niveau de l'ancienne fosse laissée par l'entreprise Belge dans les années 1984-1985. On peut observer une ouverture, avec remplissage par des

calcaires altérés et des limons argileux. La deuxième faille est celle qui sépare les dolomies des formations bréchiques.

Mise à part ces deux failles, il existe à l'échelle locale, plusieurs zones légèrement tectonisées, avec un remplissage de terre végétale et de limons ferrugineux.

Le massif de D'Har El Mendjel est le produit d'une succession d'événements tectoniques, qui ont été la cause de charriage de nappes à faciès carbonatés, et leur dépôt sur un substratum marneux plus jeune.

**Figure 03 : Carte topographique du massif de D'Har El Mendjel
(A. BEY, 1996)**



II-3- Les réserves (T.A. TALEB, 1999)

Les réserves représentent la quantité pondérale ou volumétrique de l'assise utile.

La méthode générale du calcul des réserves consiste à subdiviser la surface du gisement en forme plus ou moins géométrique connue, et à multiplier la surface de cette forme par la puissance de son gîte, puis par la masse volumique de l'assise utile pour obtenir le poids des réserves en tonnes.

En additionnant les réserves des secteurs, on détermine les réserves de tout le gisement.

II-3-1- Estimation des réserves

Sur la base des ouvrages de recherche géologique (sondages, carottages, échantillonnages), ce gisement est classé dans le groupe 3, c'est-à-dire que le gisement a une structure peu fracturée et inclinée.

Ses réserves sont estimées en trois catégories B, C1, C2.

La méthode utilisée est celle des coupes géologiques. Les surfaces des coupes géologiques ont été estimées par un quadrillage. Les formules utilisées pour le calcul des volumes des blocs géologiques sont les suivantes :

$$Q = [(S1+S2)/2] * L * D$$

Où :

Q : la quantité du matériau en tonnes (T).

S1 : la surface de la coupe 1 en m².

S2 : la surface de la coupe 2 en m².

L : l'intervalle inter-coupe en m.

D : le poids volumique du matériau en T/m³ (soit D = 2.5 T/m³)

Le tableau suivant résume les calculs des réserves :

Tableau 05: calcul des réserves géologiques

Bloc	Catégorie	Ouvrage	Surface Moyenne en m ²	Intervalle en m	Volume en m ³	Quantité en tonne
1B	B	S2,S3,S4,S6	20360	304	6189440	15473600
2B	B		17810	260	4630600	11576500
3C1	C1		20379	250	5094750	12736875
4C2	C2		21942	290	6363180	1597950
Total B+C1+C2					22277970	55694925

II-3-2- Les éléments du gisement

- ❖ **Angle de pendage** : Le pendage des couches calcaires et des dolomies varie entre 25° et 30°.
- ❖ **Sens du pendage** : Les couches de calcaires gisent vers le nord ou plus exactement, avec un sens de pendage SSW-NNE.
- ❖ **Direction du gisement** : La direction du gisement de D'Har El Mendjel est Est-Ouest.
- ❖ **Puissance du gisement** : La puissance de l'assise utile dépasse les 100 mètres.

II-4- Etudes et travaux effectués sur le gisement

II-4-1- Les travaux effectués en 1996 (A. BEY, 1996)

C'est l'ensemble des travaux effectués dans le cadre de la délimitation quantitative et qualitative des réserves du gisement ; un certain nombre d'investigations de terrain et de laboratoire ont été réalisés. Ces travaux sont résumés dans le rapport : " *Station Géante El-Malah, rapport d'étude géologique du gisement de D'Har El Mendjel* ".

A- Travaux de sondages carottés

Ils ont été réalisés par une équipe de l'ENDMC/UREG avec une sondeuse de type "Longyear 38". Ils ont porté sur la réalisation de 9 sondages totalisant un volume de 302 mètres linéaires avec un diamètre de 96mm.

Mis à part les sondages 1 et 8, qui ont traversés des formations bréchiques (brèches à éléments calcaire-dolomitiques baignant dans une matrice carbonatée parfois de texture tuffogène) ; ce qui explique la faible récupération lors des travaux de sondage.

Dans les autres sondages, la récupération de carotte a été maximale.

B- Travaux d'échantillonnage

Les travaux d'échantillonnage ont porté sur un total de 26 échantillons dont 4 composés. Le prélèvement s'est effectué suivant la lithologie traversée par le sondage et sur des portions de carottes entières pour garantir en premier lieu une représentativité de l'échantillon par rapport à la couche et en deuxième lieu pour garantir la quantité nécessaire à chaque type d'essai.

Les sondages 4, 5 et 6 n'ont pas fait l'objet d'échantillonnage vu qu'ils ont tous traversés les formations marneuses uniquement.

Le sondage 1 a donné un mauvais taux de récupération de la carotte, qui est dû essentiellement à la présence de nombreuses cavités karstiques.

C- Travaux de laboratoire

De même que les travaux d'échantillonnage, ceux de laboratoire ont été réalisés au niveau de l'UREG, pour l'ensemble des essais et analyses.

Pour caractériser la matière du point de vue composition pétrographique, chimique et physico-mécanique, ont été réalisés les analyses et essais suivants:

- Essais physico-mécaniques réduits.....22.
- Détermination Los Angeles, Deval, microdeval.....04.

- Analyse chimique à 13 éléments.....06.
- Confection et étude de lames minces.....06.

D- Caractéristiques de l'assise utile

D1- Caractéristiques chimiques

D'après les analyses réalisées sur les échantillons, la composition chimique moyenne de l'assise est donnée par le tableau suivant :

Tableau 06 : résultats de l'analyse chimique des échantillons.

Echant	Sond	prof	SiO ₂	Al ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	PF
ENGC03	S7	26.65	1.14	0.28	0.10	53.97	0.87	0.02	0.01	0.14	43.36
ENGC07	S3	6.00	1.73	0.84	1.57	33.10	16.92	0.02	0.05	0.46	44.72
ENGC10	S3	38.60	0.55	0.29	0.75	33.46	17.97	0.02	0.01	0.02	45.93
ENGC11	S9	3.10	3.03	0.75	0.26	51.96	1.50	0.04	0.16	0.06	42.17
ENGC15	S9	33.70	0.36	0.11	0.14	53.61	1.95	0.02	0.02	0.21	43.44
Moy.Dol.	S3	--	1.14	0.56	1.16	33.28	17.44	0.02	0.03	0.24	45.32
Moy.calc.	S7-S9	--	1.51	0.38	0.17	53.18	1.44	0.03	0.06	0.14	42.99

Les analyses chimiques ont montré que l'assise utile est de deux types de faciès :

- Le premier, à la base en contact direct avec les schistes, est représenté par des dolomies microcristallines dures et parcourues par des minces filonnets de calcite.
- Le second, venant tout juste en dessus, et représenté par des calcaires de couleur bleue claire, a une épaisseur ne dépassant guère dans son maximum 10m et se biseautant vers l'Est.

Ces formations sont surmontées par un faciès bréchique à ciment carbonaté tufogène.

D'après ces données, il apparaît aussi que la matière étudiée ne comporte en aucun cas des minéraux ou éléments nocifs.

D2- Caractéristiques pétrographiques

D'après les études de lames minces, il s'agit de roches carbonatées avec un très faible taux d'argile, d'oxyde de fer et de pyrite.

La roche est parcourue par un important réseau de fissures multidirectionnelles remplies généralement de sparite avec une présence très accessoire de bioclastes; ce qui confirme que ces roches ont été déposées dans milieu profond confiné.

II-4-2- Les travaux effectués en 1999 (T.A. TALEB, 1999)

C'est l'ensemble des travaux effectués par l'auteur au cours de son projet de fin d'études, intitulé " Ouverture et exploitation du gisement de calcaire de Djebel D'Har El Mendjel, El-Malah Ain Timouchent". Outre les résultats des études géologiques effectués en 1996, il a déterminé des différentes propriétés (physiques, mécaniques, technologiques) de la roche de l'assise utile.

A- Propriétés physique

- Poids volumique : $\rho_{\text{moy}} = 2.6614 \text{ g/cm}^3$.
- Poids spécifique : $\rho_{\text{moy}} = 2.7296 \text{ g/cm}^3$.
- Teneur en eau : $\omega = 0.31\%$.
- La porosité : $\eta_{\text{moy}} = 2.42 \%$.

B- Propriétés mécaniques

- Résistance à la compression : $R_{C_{\text{moy}}} = 544.20 \text{ Kg Force/cm}^2$.
- Résistance à la traction : $R_{t_{\text{moy}}} = 54.42 \text{ Kg/cm}^2$.
- Résistance au cisaillement : $R_{\text{cis}} = 181.4 \text{ Kg/cm}^2$.

C- Propriétés technologiques

- Dureté de la roche : $F = 5.422 \text{ Kg force/cm}^2$.
- Indice de forabilité : $I_f = 6.9421$.
- Indice de difficulté de destruction de la roche : $Des = 6.67$.

- Indice de difficulté d'excavation : $lex = 4.10$.
- Indice de résistance de contact : $Irc = 762.76 \text{ Mpa}$.
- Coefficient de broyabilité : $Br_{moy} = 10.37$.

II-4-3- Les travaux effectués en Mai 2007 (Annexe 01)

Se sont les travaux effectués par l'ingénieur géologue de l'ENG en mois de Mai 2007, qui consiste à prélever des échantillons des différentes niveaux d'exploitation (Niveau 200, 185, 170 Sud-Est, 170 Sud-Ouest, 140, 110), et leur étude pétrographique et géochimique.

A- Analyse chimique par spectrométrie de fluorescence X

Le rapport des analyses de ces échantillons effectué au niveau du CETIM donne les résultats suivants :

Tableau 07 : Résultats géochimiques des échantillons prélevés

Echant par Niveau	Teneurs (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	PF
200	0.09	0.05	0.39	31.05	20.96	0.06	0.01	0.07	47.30
185	0.76	0.44	0.73	31.49	19.83	0.07	0.07	0.08	46.47
170 Sud-Est	0.57	0.28	0.33	30.60	21.10	0.06	0.04	0.04	46.95
170 Sud-Ouest	0.15	0.09	0.27	31.73	20.28	0.07	0.02	0.06	47.31
140	0.47	0.20	0.81	36.43	15.95	0.01	0.04	0.01	46.05
110	0.25	0.04	0.33	30.97	20.97	0.04	0.01	0.05	47.32

B- Etude pétrographique

Le but des études faites par le laboratoire CETIM était de déterminer la nature pétrographique des échantillons prélevés; et Ils ont arrivé au résultat suivant :

Tableau 08 : Nature pétrographique des échantillons prélevés

Echantillon de niveau	Identification de l'échantillon
200	Dolomie microspartique à spartique
185	Dolomie micritique
170 Sud-Est	Dolomie micritique à microspartique
170 Sud-Ouest	Dolomie micritique à microspartique
140	Dolomie microspartique à spartique
110	Dolomie microspartique à spartique



CHAPITRE III
ETUDE DU GISEMENT

III-1- Echantillonnage

III-1-1- Prélèvement des échantillons

Nous avons effectué une mission de terrain dont le but de prélever des échantillons dans le gisement D'Har El-Mendjel de Ain Témouchent, qui feront l'objet de diverses analyses.

Sur le terrain, on a remarqué que notre gisement était divisé en deux parties, ce qui nous a ramené à utiliser deux manières de prélèvement.

III-1-2- Identification des types des échantillons

On peut diviser la série des échantillons en trois catégories suivant la nature des réactions avec l'acide:

- calcaires.
- calcaires dolomitiques.
- dolomies.

D'abord, à l'aide du marteau, on extrait un petit morceau de la roche affleurante; ensuite, on verse quelques gouttes d'acide sulfurique (H_2SO_4) sur la partie intérieure de la roche, afin d'éviter des réactions avec les produits pouvant recouvrir la partie supérieure (en surface) de la roche.

- Si notre roche réagit bien avec l'acide sulfurique; on dira alors que notre roche est un calcaire.
- Si elle réagit faiblement; notre roche sera une dolomie.
- Finalement, si notre réaction est moyenne; la roche est considérée comme un calcaire dolomitique.

A- La première partie (Figure 04)

Pour positionner les points des échantillons, on a commencé par deux points de borne B8 et B9 de la carrière, car ces deux points sont les seuls dont on connaît les coordonnées.

	X	Y
Point de borne B8	151570	241434
Point de borne B9	151964	241610

Le début du test a été fait sur un échantillon issu du point B8; et on a suivi une droite jusqu'au point B9, en faisant un test chaque 25 m. Arrivé au point B9, on a pris 12 échantillons ; cette première ligne est appelée ligne B8-B9.

Pour déterminer les écarts entre les points d'échantillonnage, on a utilisé une roulette de 25 m.

Dans les tableaux 09 à 25, les roches dont la nature est inscrite en gras ont fait l'objet de nos analyses géochimiques en fluorescence X (tableau 26).

Tableau 09 : Echantillons de la ligne B8-B9

Echs de ligne B8-B9	X	Y	Z	Roche
B-1_1	151595,00	241448,00	155	Dolomie calcaire
B-2_1	151618,20	241458,14	153	Dolomie
B-3_1	151641,40	241468,28	150	Dolomie
B-4_1	151664,60	241478,42	147	Dolomie calcaire
B-5_1	151687,80	241488,56	144	Dolomie
B-6_1	151711,00	241498,70	139	Dolomie
B-7_1	151734,20	241508,84	135	Dolomie
B-8_1	151757,40	241518,98	129	Dolomie calcaire
B-9_1	151780,60	241529,12	124	Dolomie calcaire
B-10_1	151803,80	241539,26	119	Dolomie calcaire
B-11_1	151827,00	241549,40	115	Calcaire
B-12_1	151850,20	241559,54	112	Calcaire

Le reste de l'échantillonnage et du test au H₂SO₄ s'est fait le long des lignes perpendiculaires à la première ligne B8-B9, et ce avec un écart de 20 m entre deux points consécutifs. La ligne 1 débute perpendiculairement au point B8.

Les tableaux qui suivent récapitulent la nature des roches échantillonnées le long des lignes 01, 02, 04, 06, 09, 12 et 15.

Tableau 10 : Echantillons de la ligne 01

Echs de ligne 01	X	Y	Z	Roche
01_1	151595,00	241448,00	155	Dolomie calcaire
01_2	151654,00	241408,00	170	Dolomie
01_3	151670,50	241396,75	175	Dolomie calcaire
01_4	151687,00	241385,50	179	Dolomie
01_5	151703,50	241374,25	184	Dolomie calcaire
01_6	151720,00	241363,00	186	Dolomie calcaire
01_7	151736,50	241351,75	188	Dolomie calcaire
01_8	151753,00	241340,50	192	Dolomie calcaire
01_9	151769,50	241329,25	196	Dolomie
01_10	151786,00	241318,00	199	Dolomie

Tableau 11 : Echantillons de la ligne 02

Echs de ligne 02	X	Y	Z	Roche
02_1	151618,20	241458,14	153	Dolomie
02_2	151626,00	241442,00	159	Dolomie
02_3	151648,00	241434,00	163	Dolomie calcaire

Tableau 12 : Echantillons de la ligne 04

Echs de ligne 04	X	Y	Z	Roche
04_1	151664,60	241478,42	147	Dolomie calcaire
04_2	151672,93	241461,05	155	Dolomie calcaire
04_3	151681,26	241443,69	163	Dolomie calcaire
04_4	151689,59	241426,33	170	Dolomie calcaire
04_5	151697,92	241408,97	176	Dolomie
04_6	151706,25	241391,61	181	Dolomie calcaire
04_7	151713,50	241374,25	185,5	Dolomie calcaire

Tableau 13 : Echantillons de la ligne 06

Echs de ligne 06	X	Y	Z	Roche
06_1	151711,00	241498,70	139	Dolomie
06_2	151718,40	241481,80	146	Dolomie
06_3	151725,80	241464,40	153	Dolomie calcaire
06_4	151733,20	241447,00	160	Dolomie calcaire
06_5	151740,60	241429,60	167	Dolomie
06_6	151748,00	241412,20	173	Dolomie
06_7	151755,40	241394,80	178	Dolomie
06_8	151762,80	241377,40	186	Dolomie calcaire
06_9	151770,00	241360,00	192	Dolomie calcaire

Tableau 14 : Echantillons de la ligne 09

Echs de ligne 9	X	Y	Z	Roche
09_1	151780,60	241529,12	124	Dolomie calcaire
09_2	151791,00	241504,80	133	Dolomie calcaire
09_3	151801,40	241480,45	142	Dolomie
09_4	151811,80	241456,10	151	Dolomie
09_5	151822,20	241431,75	160	Dolomie calcaire
09_6	151832,60	241407,40	168	Dolomie calcaire
09_7	151843,00	241383,05	175	Dolomie
09_8	151853,40	241358,70	183	Dolomie
09_9	151863,80	241334,35	192	Dolomie
09_10	151874,00	241310,00	200	Dolomie
Le sommet	151948,00	241266,00	199	Dolomie

Tableau 15 : Echantillons de la ligne 12

Echs de ligne 12	X	Y	Z	Roche
12_1	151850,20	241559,54	112	Calcaire
12_2	151859,13	241539,24	115	Calcaire
12_3	151868,06	241519,06	119	Calcaire
12_4	151876,99	241498,88	124	Dolomie calcaire
12_5	151885,92	241478,70	129	Dolomie calcaire
12_6	151894,85	241458,52	135	Dolomie calcaire
12_7	151903,78	241438,34	141	Dolomie calcaire
12_8	151912,71	241418,16	148	Dolomie calcaire
12_9	151921,64	241397,98	154	Dolomie calcaire
12_10	151930,57	241377,80	159	Dolomie
12_11	151939,50	241357,62	164	Dolomie
12_12	151948,43	241337,44	171	Dolomie calcaire
12_13	151957,36	241317,26	177	Dolomie calcaire
12_14	151966,29	241297,08	186	Calcaire
12_15	151975,22	241276,90	189	Calcaire
12_16	151984,15	241256,72	191	Calcaire
12_17	151993,08	241236,54	190	Calcaire
12_18	152002,01	241216,36	187	Dolomie calcaire
12_19	152010,94	241196,18	183	Calcaire
12_20	152019,87	241176,00	177	Dolomie

Tableau 16 : Echantillons de la ligne 15

Echs de ligne 15	X	Y	Z	Roche
15_1	151968,00	241480,00	115	Dolomie calcaire
15_2	151976,11	241461,22	119	Dolomie calcaire
15_3	151984,22	241442,56	123	Dolomie calcaire
15_4	151992,33	241423,90	128	Dolomie calcaire
15_5	152000,44	241405,24	132	Calcaire
15_6	152008,55	241386,58	137	Calcaire
15_7	152016,66	241367,92	140	Calcaire
15_8	152024,77	241349,26	144	Dolomie calcaire
15_9	152032,88	241330,60	147	Dolomie calcaire
15_10	152040,99	241311,94	151	Calcaire
15_11	152049,10	241293,28	154	Calcaire
15_12	152057,21	241274,62	155	Dolomie calcaire
15_13	152065,32	241255,96	156	Dolomie calcaire
15_14	152073,43	241237,30	155	Calcaire
15_15	152081,54	241218,64	153	Calcaire
15_16	152089,65	241199,98	151	Calcaire
15_17	152097,76	241181,32	149	Calcaire
15_18	152105,87	241162,66	146	Calcaire
15_19	152114,00	241144,00	144	Dolomie calcaire
15_20	152128,00	241114,00	143	Dolomie calcaire

Tableau 17 : Echantillons de la ligne 17

Echs de ligne 17	X	Y	Z	Roche
17_1	152026,00	241464,00	107	Dolomie calcaire
17_2	152039,80	241432,00	110	Dolomie
17_3	152053,60	241401,00	117	Dolomie
17_4	152067,40	241370,00	124	Dolomie
17_5	152081,20	241339,00	127	Dolomie calcaire
17_6	152095,00	241308,00	130	Calcaire
17_7	152108,80	241277,00	134	Dolomie
17_8	152122,60	241246,00	132	Calcaire
17_9	152136,40	241215,00	131	Dolomie calcaire
17_10	152150,00	241184,00	127	Dolomie calcaire

B- La deuxième partie (Figure 04)

Pour la deuxième partie du gisement, on a pris comme ligne de référence, la piste principale pour pouvoir positionner les points des échantillons, à cause de l'absence de points côtés sur le terrain.

Cette fois, le test a débuté à partir du point P1 sur la piste principale de la carrière, tout en suivant la même piste jusqu'à l'extrémité. La distance entre deux points de prélèvement successifs des échantillons est de 20 m.

Tableau 18: Echantillons de la piste principale

Echs de Piste principale	X	Y	Z	Roche
P1	152138,00	241090,00	138	Dolomie calcaire
P2	152124,00	241076,00	139	Dolomie calcaire
P3	152105,00	241068,00	141	Dolomie calcaire
P4	152086,00	241060,00	143	Dolomie calcaire
P5	152065,00	241062,00	145	Dolomie calcaire
P6	152046,25	241071,00	147	Dolomie calcaire
P7	152027,50	241080,00	149	Dolomie calcaire
P8_1	152008,75	241089,00	153	Dolomie
P9	151990,00	241098,00	154	Dolomie
P10	151971,30	241108,66	157	Dolomie calcaire
P11_1	151952,64	241119,32	160	Dolomie
P12	151933,98	241129,98	162	Dolomie
P13	151915,32	241140,64	164	Dolomie
P14_1	151896,66	241151,30	167	Dolomie calcaire
P15	151878,00	241162,00	168	Dolomie calcaire
P16_1	151862,66	241175,33	171	Dolomie
P17	151847,33	241188,66	173	Dolomie
P18_1	151832,00	241202,00	174	Dolomie
P19	151818,00	241218,00	177	Dolomie
P20_1	151808,80	241236,80	180	Dolomie
P21	151799,60	241255,60	183	Dolomie calcaire
P22_1	151790,40	241274,40	185	Calcaire
P23	151781,20	241293,20	188	Calcaire
P24	151772,00	241312,00	190	Dolomie calcaire

Ensuite, on a fait le même travail que dans le cas de la première partie, en choisissant les lignes perpendiculaires à la piste.

Dans ce qui suit, sont résumés les types de roches prélevées.

Tableau 19: Echantillons de la ligne P8

Echs de la ligne P8	X	Y	Z	Roche
P8_1	152008,75	241089,00	153	Dolomie
P8_2	152018,25	241106,75	162	Dolomie calcaire
P8_3	152027,75	241124,50	167	Dolomie calcaire
P8_4	152037,25	241142,25	170	Dolomie calcaire
P8_5	152046,25	241160,00	169	Dolomie

Tableau 20: Echantillons de la ligne P11

Echs de la ligne P11	X	Y	Z	Roche
P11_1	151952,64	241119,32	160	Dolomie
P11_2	151961,64	241137,07	172	Dolomie calcaire
P11_3	151970,64	241154,82	179	Calcaire
P11_4	151979,64	241172,57	187	Dolomie
P11_5	151988,00	241190,00	190	Dolomie

Tableau 21: Echantillons de la ligne P14

Echs de la ligne P14	X	Y	Z	Roche
P14_1	151896,66	241151,30	167	Dolomie calcaire
P14_2	151908,66	241167,96	179	Calcaire
P14_3	151920,66	241184,62	186	Dolomie calcaire
P14_4	151932,00	241201,00	193	Dolomie

Tableau 22: Echantillons de la ligne P16

Echs de la ligne P16	X	Y	Z	Roche
P16_1	151862,66	241175,33	171	Dolomie
P16_2	151875,26	241192,33	182	Dolomie
P16_3	151887,86	241209,33	190	Dolomie
P16_4	151900,00	241226,00	200	Dolomie

Tableau 23: Echantillons de la ligne P18

Echs de la ligne P18	X	Y	Z	Roche
P18_1	151832,00	241202,00	174	Dolomie
P18_2	151844,00	241218,00	184	Dolomie calcaire
P18_3	151860,00	241234,00	193	Dolomie

Tableau 24: Echantillons de la ligne P20

Echs de la ligne P20	X	Y	Z	Roche
P20_1	151808,80	241236,80	180	Dolomie
P20_2	151825,00	241247,00	191	Dolomie calcaire
P20_3	151842,00	241258,00	198	Dolomie

Tableau 25: Echantillons de la ligne P22

Echs de la ligne P22	X	Y	Z	Roche
P22_1	151790,40	241274,40	185	Calcaire
P22_2	241282,00	151806,00	197	Dolomie

III-1-3- La carte de prélèvement (figure 04)

A partir des résultats des tests à l'acide sulfurique des échantillons, on a réalisé une carte de prélèvement, basée sur une carte topographique, où on a mentionné la nature pétrographique de chaque échantillon prélevé.

III-2- Analyse géochimique

Vingt échantillons prélevés sur le site, ont fait l'objet d'analyses chimiques par fluorescence X, au niveau du laboratoire du CETIM (tableau 26).

Tableau 26: Echantillons analysés

Echantillons	X	Y	Z	Roche
4_1	151664,60	241478,42	147	Dolomie calcaire
6_2	151718,40	241481,80	146	Dolomie
6_4	151733,20	241447,00	160	Dolomie calcaire
6_7	151755,40	241394,80	178	Dolomie
6_9	151770,00	241360,00	192	Dolomie calcaire
9_1	151780,60	241529,12	124	Dolomie calcaire
9_2	151791,00	241504,80	133	Dolomie calcaire
9_4	151811,80	241456,10	151	Dolomie
9_6	151832,60	241407,40	168	Dolomie calcaire
9_8	151853,40	241358,70	183	Dolomie
9_10	151874,00	241310,00	200	Dolomie
12_1	151850,20	241559,54	112	Calcaire
12_7	151903,78	241438,34	141	Dolomie calcaire
12_10	151930,57	241377,80	159	Dolomie
12_13	151957,36	241317,26	177	Dolomie calcaire
12_15	151975,22	241276,90	189	Calcaire
12_18	152002,01	241216,36	187	Dolomie calcaire
15_14	152073,43	241237,30	155	Calcaire
P11_2	151961,64	241137,07	172	Dolomie calcaire
P11_5	151988,00	241190,00	190	Dolomie

Les résultats de ces analyses concernant 13 éléments, sont représentés dans le tableau 27 (annexe 02).

Tableau 27 : Résultats de l'analyse chimique

échan	Teneur (%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF
4-1	0.22	0.14	0.38	31.35	20.84	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	46.98
6-2	0.07	0.05	0.39	31.93	20.60	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	46.91
6-4	0.09	0.07	0.21	30.70	21.34	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	47.54
6-7	0.06	0.05	0.35	32.15	20.76	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	46.59
6-9	0.30	0.21	0.39	31.00	21.21	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	46.80
9-1	0.20	0.16	0.28	32.77	20.10	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	46.45
9-2	0.07	0.05	0.58	31.73	20.74	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	46.78
9-4	0.16	0.12	0.34	32.00	20.73	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	46.60
9-6	0.27	0.08	0.34	31.47	21.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	46.78
9-8	0.17	0.11	0.45	31.08	21.30	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	46.76
9-10	0.18	0.12	0.37	31.72	20.61	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	46.91
12-1	0.30	0.18	0.37	31.09	21.15	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	46.85
12-7	0.10	0.07	0.22	31.17	21.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	47.14
12-10	0.15	0.11	0.64	31.29	20.85	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	46.90
12-13	0.16	0.10	0.25	31.34	21.12	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	46.96
12-15	0.44	0.33	0.54	31.80	20.07	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	46.72
12-18	0.18	0.12	0.30	31.46	20.99	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	46.89
P11-5	0.29	0.17	0.43	31.35	20.61	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	47.04
15-14	0.09	0.06	0.29	31.79	20.68	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	47.02
P11-2	0.07	0.05	0.30	32.71	20.12	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	46.69
Moy				31,59	20,80						

Pour tous les échantillons :

- Cr₂O₃ <0.01.
- MnO <0.01.



CHAPITRE IV
INTERPRÉTATION
DES RÉSULTATS

IV-1- Méthodologie

La carte en isopaques est la représentation des variations latérales d'épaisseur d'un banc, d'une couche, d'une formation, ou d'un intervalle stratigraphique au moyen des courbes reliant les points d'égale épaisseur. Pour réaliser ce type de carte, on a besoin d'un logiciel et d'une méthode d'interpolation ; le choix de ce dernier est dépendant du type de données, de la surface à cartographier et du temps du traitement désiré. Dans ce travail, on a utilisé le logiciel d'interpolation SURFER 8 et l'inverse du carré de la distance comme méthode d'interpolation.

IV-1-1- Description du logiciel d'interpolation SURFER 8

SURFER est un logiciel commercialisé et développé par la Golden Software Inc. Il est utilisé pour la réalisation de cartes à partir des données distribuées dans l'espace.

IV-1-2- Fichier des données

En créant un fichier de données, on peut construire une carte en utilisant les coordonnées spatiales des points désignées successivement par les lettres X, Y et Z. Où X, est la position du point suivant l'axe des coordonnées Est-Ouest, Y est la position du point suivant l'axe (Nord-Sud), et Z la valeur observée de la variable en ce point.

SURFER possède un tableau pour l'introduction des données. Il est aussi possible d'importer des tableaux de divers logiciel comme Excel ou Grapher.

SURFER présente divers format pour l'enregistrement des données. De préférence, on utilise le format du tableau Excel (.xls), on peut également utiliser le format de données de SURFER, d'extension (.dat), comme on peut avoir des autres extensions (.slk, .csv, .txt, .bna, .bln).

IV-1-3- Cartographie

La partie la plus importante dans la réalisation des cartes est le choix de la méthode d'interpolation. Différentes méthodes existent et produisent des résultats différents.

IV-1-4- Les méthodes d'interpolation

Après la vérification des données, on doit définir la maille d'interpolation, les limites maximales et minimales de cette maille et l'espacement des points. Le choix de la méthode d'interpolation est très important pour la réalisation de la carte.

SURFER dispose de diverses méthodes d'interpolation, à savoir :

- Le krigeage.
- L'inverse du carré de la distance.
- Courbure minimum.
- Voisin naturel.
- Et autres méthodes.

Après la sélection de la méthode d'interpolation et les options de notre carte par les colonnes des données, on peut choisir ainsi les points minimum de X ainsi de Y pour que notre carte apparaisse au milieu du contour de travail.

V-1-5- Superposition des cartes

Une autre application de SURFER, est la possibilité de superposer plusieurs cartes dans une même figure.

IV-2- Interprétation des résultats**IV-2-1- Détermination de la nature des échantillons prélevés**

La détermination de la nature de la roche se base sur la proportion entre les teneurs en MgO et CaO :

- ↳ S'il y a une très grande valeur de teneur de CaO et un très faible teneur en MgO, la roche sera un calcaire.

- ↪ S'il y a une différence peu importante entre la teneur de MgO et celle de CaO, la roche sera un calcaire dolomitique.
- ↪ Si la teneur de MgO est proche ou supérieur à celle de CaO, la roche sera une dolomie.

Pour faciliter les interprétations des résultats géochimiques, on a tracé le graphe de variation de MgO en fonction CaO.

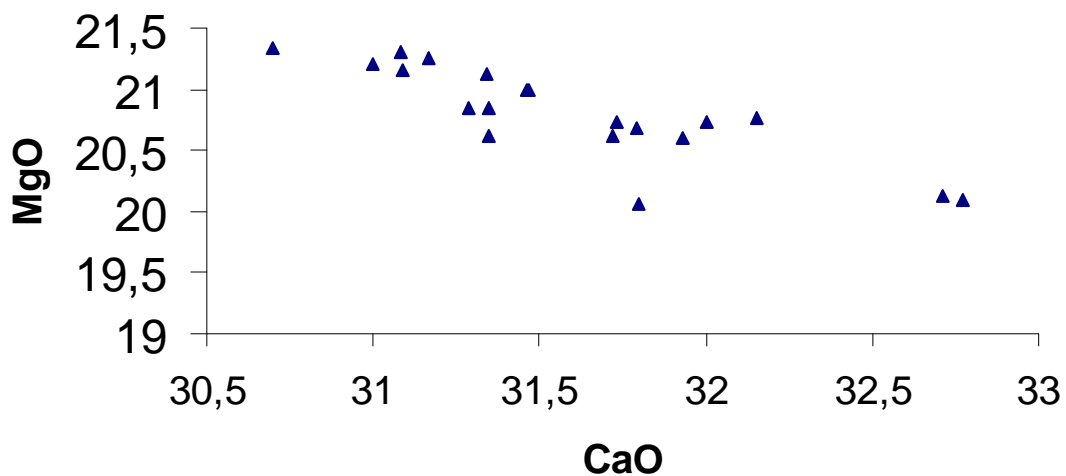


Figure 05 : variation des teneur de MgO en fonction de CaO

D'après la figure 05, on remarque que la teneur de MgO varie dans un intervalle de 1.28 %, de même que celle de CaO qui varie dans un intervalle de 2.7 %, ce qui nous permet de conclure que nos échantillons forme une seule population.

En se basant sur la classification précédente et l'interprétation de la figure 05, on peut déterminer la nature de la roche de chaque échantillon analysé (tableau 28).

Tableau 28 : Nature pétrographique des échantillons analysés

Echantillons	Nature
4_1	Dolomie
6_2	Dolomie
6_4	Dolomie
6_7	Dolomie
6_9	Dolomie
9_1	Dolomie
9_2	Dolomie
9_4	Dolomie
9_6	Dolomie
9_8	Dolomie
9_10	Dolomie
12_1	Dolomie
12_7	Dolomie
12_10	Dolomie
12_13	Dolomie
12_15	Dolomie
12_18	Dolomie
15_14	Dolomie
P11_2	Dolomie
P11_5	Dolomie

La comparaison entre les tableaux 26 et 28, montre que les résultats des analyses géochimiques confirment certains résultats obtenus par le test au H₂SO₄.

IV-2-2- Réalisation de la carte en isopaques

La réalisation de la carte en isopaques en fonction des teneurs en CaO et MgO a été faite à l'aide de SURFER 8 ; mais avant de réaliser cette carte, il fallait choisir la méthode d'interpolation. Le choix de la méthode d'interpolation se base sur les données elles même, où on utilise la méthode de l'inverse du carré de la distance

si la variance des différentes teneurs est petite ; si non, on utilise la méthode de Krigeage ou autres.

A- Détermination de la variance et de l'écart type de la population

On a :

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

où :

s : l'écart type.

s^2 : la variance.

n : nombre d'échantillons.

x_i : la teneur (en MgO ou en CaO) de chaque échantillon.

\bar{x} : la moyenne des teneurs.

✓ Pour le CaO :

$$s^2 = 0.28.$$

$$s = 0.53.$$

✓ Pour le MgO :

$$s^2 = 0.14.$$

$$s = 0.38.$$

B- Réalisation de la carte en isopaques de CaO et de MgO

On remarque que la valeur de la variance pour le MgO, ainsi que pour le CaO est petite ; on choisit donc la méthode d'interpolation de l'inverse du carré de la distance pour réaliser la carte en isopaques en MgO et CaO (figure 06 et 07).

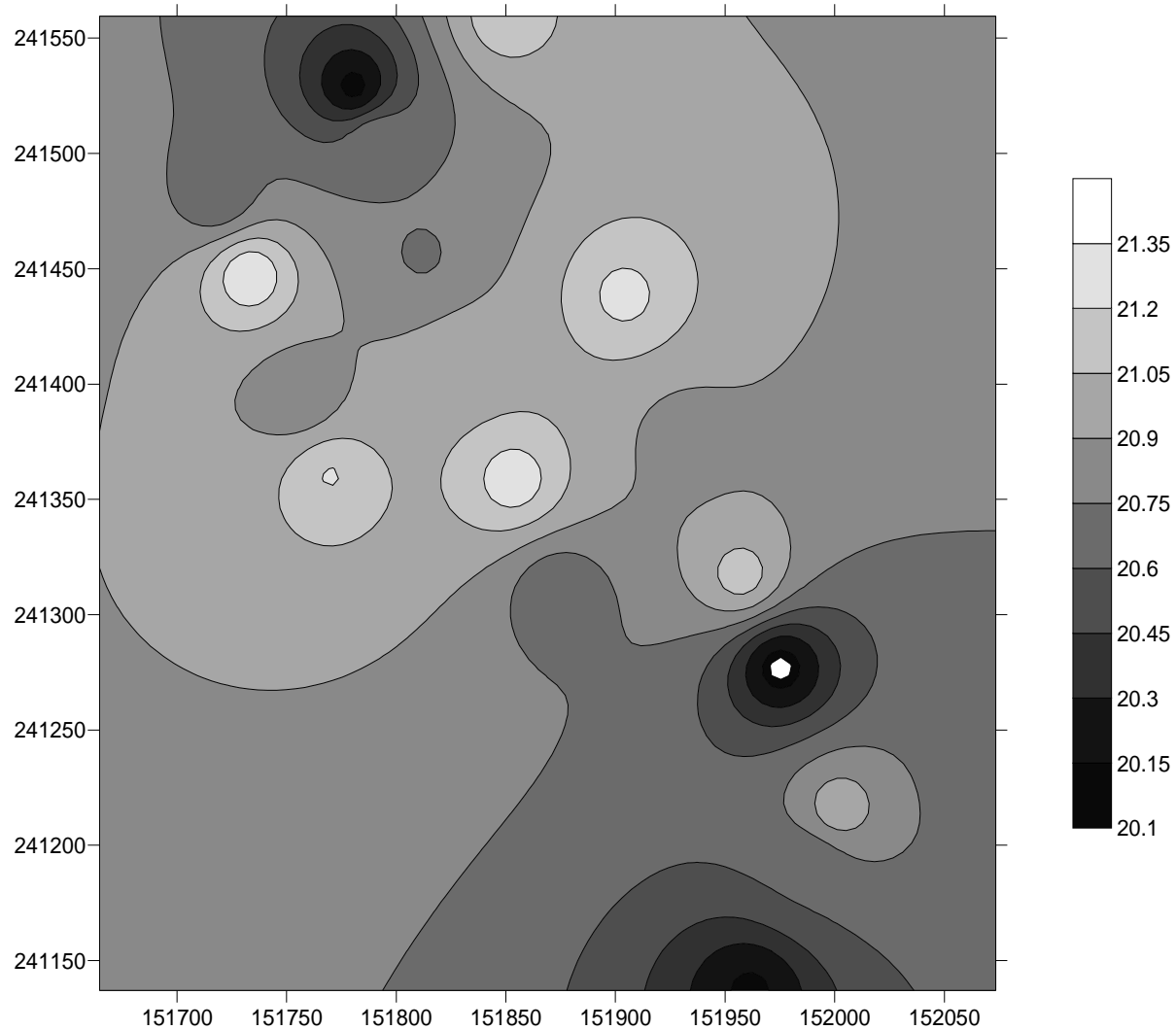


Figure 06 : Carte en isopaques de MgO

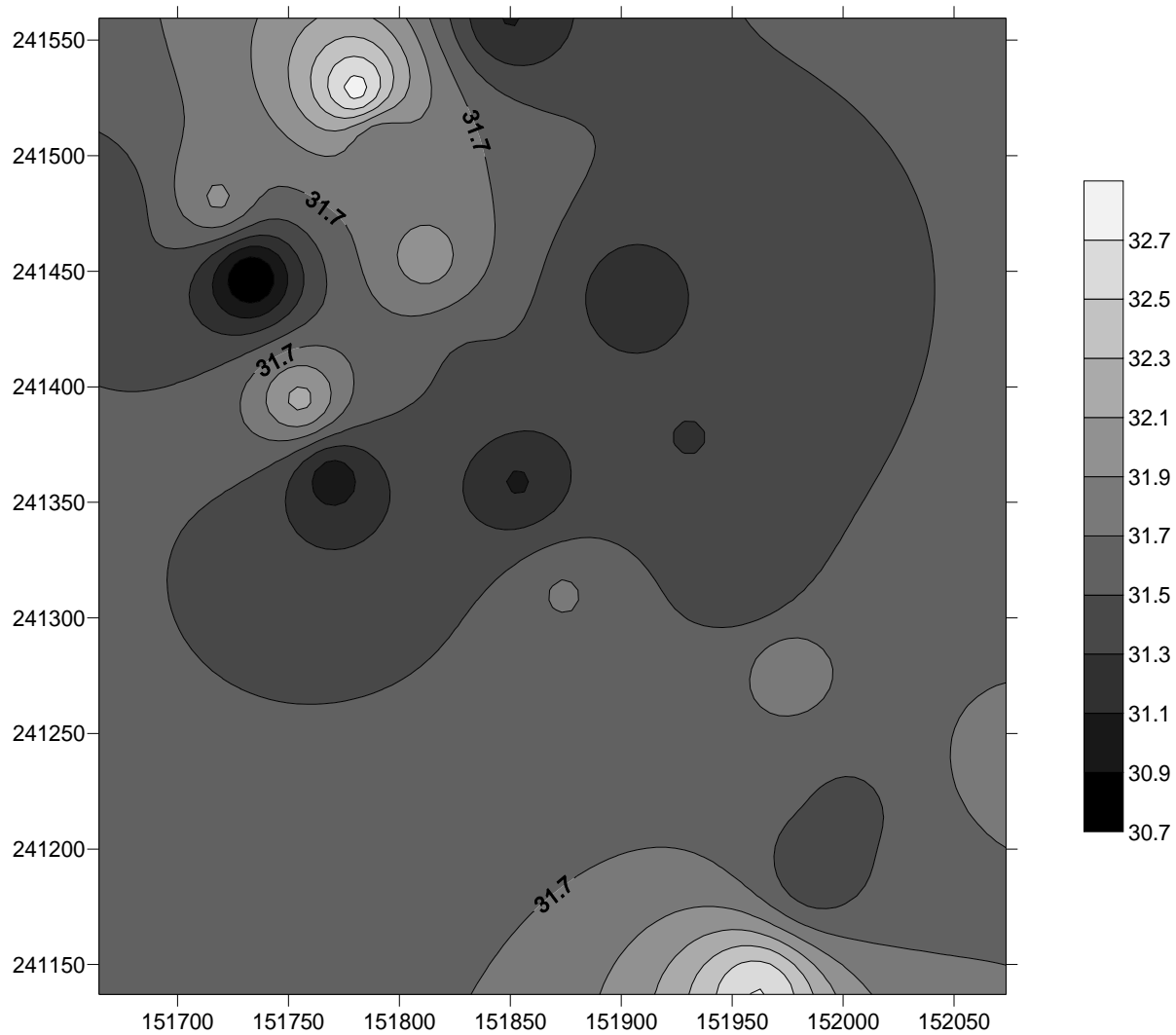


Figure 07 : Carte en isopaques de CaO

A partir des figures, on constate que la teneur prédominant de CaO est comprise entre 31.3 % et 31.7 %, et de 20.4 % à 21 % pour le MgO, et on remarque que toutes ces valeurs se rapprochent, alors, on peut dire que notre faciès est une dolomie.



CONCLUSION

CONCLUSION

L'étude géologique du gisement de D'har El Mendjel, basée sur la recherche de la nature pétrographique et les analyses géochimiques par fluorescence X des roches composant ce gisement, nous a permis de constater que la quasi-totalité de ces roches sont des dolomies. Néanmoins, il faut noter que sur le terrain, on trouve en bordure de ce gisement des filons de calcaire d'extension très réduite.

D'autre part, ce résultat relatif à la nature pétrographique de ces roches, vient confirmer les travaux précédents, principalement celui effectué en mai 2007 (tableau 07) par les géologues de l'ENG.

Les analyses géochimiques nous ont permis aussi de tracer des cartes en isoteneurs du MgO et CaO ; afin de voir la répartition de ces roches dans ce gisement.

Cependant, en raison de la courte durée de notre stage sur terrain et la période limitée consacré à la préparation de ce mémoire, nous nous sommes intéressés qu'à une seule colline du gisement, qui est actuellement en exploitation. L'autre colline pourrait faire l'objet d'une autre étude dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

I. BELLAIR P. et POMEROL C.

Éléments de géologie, octobre 1982, Armand Colin.

II. BEY A.

Projet : station géante EL-MALAH, rapport d'étude géologique du gisement de d'HAR EL-MENDJEL, novembre 1996, ENG.

III. CETIM.

Rapport d'essai N : 0527/07, Mai 2007.

IV. GEORGES ARQUITE G. et TOURENQ C.

Granulats, 1990, Ponts et chaussées.

V. GUILLEMOT J.

Éléments géologiques, Septembre 1973, TECHNIP.

VI. KHADRAOUI K. et CHERIFI N.

Contribution à une étude d'impact préalable à l'ouverture d'une carrière de granulats calcaires située dans le massif de D'HAR-EL-MENDJEL, wilaya d'Ain témouchent.

Mémoire de fin d'études, USTHB, 1996.

VII. TALEB T.A.

Ouverture et exploitation (plan quinquennal minier) du gisement de calcaire de Djebel D'HAR EL-MENDJEL, El-Maleh Ain Témouchent.

Projet de fin d'étude, ENP, juin 1999.

VIII. YAKOUB B.

Cours de géologie, 1995.



ANNEXES

Annexe 01

III- RESULTATS DES ESSAIS :

III-1- Essais chimiques : Date d'exécution des essais : 05.06.2007.

CODE-ECH	Teneurs (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	PF
DO-07-02347	0.09	0.05	0.39	31.05	20.96	0.06	0.01	0.07	47.30
DO-07-02348	0.76	0.44	0.73	31.49	19.83	0.07	0.07	0.08	46.47
DO-07-02349	0.57	0.28	0.33	30.60	21.10	0.06	0.04	0.04	46.95
DO-07-02350	0.15	0.09	0.27	31.73	20.28	0.07	0.02	0.06	47.31
DO-07-02351	0.47	0.20	0.81	36.43	15.95	0.01	0.04	0.01	46.05
DO-07-02352	0.25	0.04	0.33	30.97	20.97	0.04	0.01	0.05	47.32

RAPPORT D'ESSAI :

Commande	ORDRE DE SERVICE N° 00534/07 du 12.05.2007.
Nature et référence de l'échantillon	Ech. N°07 02347 à 07 02352.
Date de réception	12.05.2007.
Date de l'essai	05.06.2007.

Nature des essais	Code Commercial	Nombre
Traitement :		
Préparation lames minces	PVY 07	06
	PVY 11	06
<u>Essais minéralogiques :</u>		
Analyses pétrographiques par microscopie	PTH 01	06
<u>Essais Chimiques:</u>		
- Analyse élémentaire par spectrophotométrie de fluorescence X	CHF18	06
- Détermination de la perte au feu	CHF21	06

I. - ESSAIS REALISES:Essais Pétrographiques :

- Analyses pétrographiques pour la détermination des constituants minéraux avec leur descriptions structurales et texturales.

Essais chimiques:

- Détermination de la perte au feu et des de la teneur en chlorures
- Analyse élémentaire par spectrophotométrie de fluorescence X

II. - MODALITES DES ESSAIS:Essais pétrographiques :

Les analyses pétrographiques par microscopie a été réalisée selon la méthode universelle en lumière polarisée selon la norme NF EN 932-3.

Essais chimiques:

- ✓ La détermination de la perte au feu, est réalisée selon les modalités de la norme EN 196-2 (08/95)
- ✓ L'analyse élémentaire par spectrométrie de fluorescence X est réalisée selon les modalités de la norme NF P-15-467

Références échantillon (clients)	Code interne échant. (CETIM)
Projet : Gisement d'ELMALAH wilaya de Ain Temouchent.	
DOLOMIE niveau 200	DO0702347
DOLOMIE niveau 185	DO0702348
DOLOMIE niveau 170 Sud Est	DO0702349
DOLOMIE niveau 170 Sud Ouest	DO0702350
DOLOMIE niveau 140	DO0702351
DOLOMIE niveau 110	DO0702352

M LE DIRECTEUR TECHNO-COMMERCIAL



Annexe 02

RAPPORT D'ESSAI :

Commande	ORDRE DE SERVICE N° 01075 du 19.09.2007.	
Nature et référence de l'échantillon	Ech. De IN 07 04773 à AR 07 04792.	
Date de réception	19.09.2007.	
Date de l'essai	30.09.2007.	
Nature des essais	Code Commercial	Nombre
- Traitement.	PVY 07	20
- Détermination de la perte au feu	CHF 21	20
- Analyse par fluorescence x	CHF 19	20

I - ESSAIS REALISES:

- Analyse chimique par fluorescence x.

II- MODALITES DES ESSAIS:

- L'analyse chimique par fluorescence x est réalisée selon la norme NFP 15-467.

Annexe 02

III- RESULTATS DES ESSAIS :

III.1-Essai chimiques :

Date d'exécution des essais : 30.09.2007.

CODE-ECH	Teneurs (%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF
07-04773	0.22	0.14	0.38	31.35	20.84	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	46.98
07-04774	0.07	0.05	0.39	31.93	20.60	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	46.91
07-04775	0.09	0.07	0.21	30.70	21.34	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	47.54
07-04776	0.06	0.05	0.35	32.15	20.76	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	46.59
07-04777	0.30	0.21	0.39	31.00	21.21	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	46.80
07-04778	0.20	0.16	0.28	32.77	20.10	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	46.45
07-04779	0.07	0.05	0.58	31.73	20.74	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	46.78
07-04780	0.16	0.12	0.34	32.00	20.73	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	46.60
07-04781	0.27	0.08	0.34	31.47	21.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	46.78
07-04782	0.17	0.11	0.45	31.08	21.30	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	46.76
07-04783	0.18	0.12	0.37	31.72	20.61	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	46.91
07-04784	0.30	0.18	0.37	31.09	21.15	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	46.85
07-04785	0.10	0.07	0.22	31.17	21.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	47.14
07-04786	0.15	0.11	0.64	31.29	20.85	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	46.90
07-04787	0.16	0.10	0.25	31.34	21.12	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	46.96

Annexe 02

CODE-ECH	Teneurs (%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF
IN-07-04788	0.44	0.33	0.54	31.80	20.07	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	46.72
IN-07-04789	0.18	0.12	0.30	31.46	20.99	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	46.89
N-07-04790	0.29	0.17	0.43	31.35	20.61	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	47.04
N-07-04791	0.09	0.06	0.29	31.79	20.68	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	47.02
N-07-04792	0.07	0.05	0.30	32.71	20.12	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	46.69

* Pour tout les échantillons
 Cr₂O₃ < 0.01.
 MnO < 0.01

Fait à Boumerdes le 30 SEP. 2007

[Handwritten signature]



[Handwritten signature]