

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE CONSTANTINE 1

**FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE LA GEOGRAPHIE ET DE
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE**

N° de série : - - - -

N° d'ordre : - - - -

DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES

Mémoire

**PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER EN
GEOLOGIE**

OPTION : GEOLOGIE DES SUBSTANCES UTILES

Thème : Les Dolomies des Monts d'Aïn M'lila.

Cas du Dj. Teioualt :

**Exploitation, Utilisation Industrielle
et Impact sur l'Environnement**

Présenté par :

Billel BOULMAIZ

Jury :	Marmi	R	Pr. Université de Constantine	Président
	Benzagouta	M.S	MC. Université d'Oum El Bouaghi	Encadreur
	Boumezbar	A	Pr. Université de Tébessa	Examineur
	Chadi	M	MC. E. N. S Constantine	Examineur

Année 2014

REMERCIEMENTS

Au dénouement de ce travail, il m'est particulièrement agréable d'adresser, après dieu, mes remerciements à tous ceux qui ont contribué, d'une façon ou d'une autre, à sa réalisation en espérant que chacun trouvera ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens, tout d'abord, à remercier Mr. Benzagouta M.S. d'avoir accepté de m'encadrer et m'avoir confié cette étude et soutenu tout au long de sa réalisation. Je le remercie pour son aide et ses conseils avisés. Qu'il trouve ici l'expression de mon grand respect et ma grande reconnaissance.

Un chaleureux merci à mon enseignant Mr. Marmi R, qui me fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Merci également à mon ancien enseignant Mr. Chadi M., ainsi qu'à Mr. Boumezbar A. d'avoir accepté de faire partie du jury.

La collaboration de Mr. Bourezg M. m'était d'une grande valeur. Je le remercie, vivement de m'avoir consacré de ses efforts et de son précieux temps, de ses encouragements et de sa grande disponibilité. Sans son aide, quelle soit sur le plan scientifique ou moral, ce mémoire n'aurait certainement pas vu la lumière. Je n'oublierai jamais son immense soutien.

Je tiens particulièrement à remercier, Mr Boukaoud El Hechmi, à qui je dois beaucoup et sur qui j'ai toujours pu compter. Il a toujours été là pour moi avec sa gentillesse, son extrême générosité, son apport scientifique et son soutien

permanent. Pour l'aide irremplaçable qu'il m'a apporté, Je lui dis merci, que dieu le bénisse, lui et sa famille.

Je ne peux jamais oublier Mme Ait Abdelwahab Djaouza l'enseignante la plus gentille et la plus sympathique que j'ai pu avoir. Je la remercie pour son aide, ses conseils et ses mots d'encouragement. Elle m'a toujours, gentiment, aidé et su m'accorder de son temps que ce soit pour les sorties sur terrain ou pour l'étude microscopique, qu'elle soit vivement remerciée.

Un grand merci au personnel de la carrière de Teioualt et plus spécialement à l'ingénieur chargée de l'exploitation de nous avoir bien accueillis dans son unité lors de notre visite, je la remercie pour sa gentillesse et sa disponibilité.

Je souhaite associer à ces remerciements, ma bien-aimée et femme, Chafia, qui m'a encouragé et fait preuve de beaucoup de patience et d'une grande compréhension.

Mes pensées vont également aux étudiants, aux enseignants ainsi qu'à l'ensemble du personnel administratif de la faculté des Sciences de la Terre de Constantine, avec qui j'ai passé des moments inoubliables, leurs souvenirs resteront longtemps gravés dans ma mémoire.

Je ne peux finir sans demander pardon à ceux et celles que j'ai oublié de citer. Je leur adresse ma grande reconnaissance.

Enfin je dédie ce modeste travail à ma famille, surtout mes parents, mon épouse, Chafia, et mes deux filles Sabrina et Yousra.

Abstract

The region of Ain M'lila, located in eastern Algeria, is part of the outer zones of the alpine chain of oriental Algeria.

It is an area characterized by large carbonate deposits (limestone and dolomite). These deposits, which are in majority Cretaceous, have been affected by diagenetic events such as dissolutions, replacements, compaction ... etc.

Structurally, the massifs of Ain M'lila are characterized by tectonic especially breakable with folded structures. These structures are also affected by many accidents. These brittle accidents include the recesses which are numerous and whose direction is generally NW-SE. Accidents NS direction are also present in the form of faults, especially normal.

Outcrops forming the Valanginian of the massifs of Ain M'lila are mainly formed of dolomite. On the industrial side, these dolomites form important deposits of exploitation. Many careers, including that of the massif of Teioualt were implanted in this region. The main objective of these careers is the exploitation of these valanginian dolomite of which physical, chemical and mechanical properties that make them valuable to the exploitation and thus meet the requirements of several industries.

Knowledge more detailed of this type of rocks of sedimentary, petrographic and diagenetic point of view is of great importance for understanding the genesis of dolomite (dolomitization), its transformation (dédolomitisation) and its distribution in the space. The characterization physicochemical properties of these dolomites are also of considerable importance for the confirmation of the quality of the material.

By projecting the case of the deposit of the massif of Teioualt on dolomitic formations of the other massifs of Ain M'lila, this valanginian dolomite may be a safe bet for future exploitations.

ملخص :

منطقة عين مليلة، التي تقع في الشرق الجزائري، تنتمي إلى النطاق الخارجي للسلسلة الألبية للجزائر الشرقية.

هي منطقة تتميز بترسبات كلسية هامة (حجر كلسي ودولوميت). هذه الترسبات التي هي، في أغلبها، من العصر الطباشيري، تأثرت من ظواهر النشأة المتأخرة مثل الانحلال، الإستبدالات والضغط... إلخ.

هيكليا، تتميز جبال عين مليلة بتكتونية، في أغلبها، تكتونية تصدّع مع هياكل إتواءات. هذه الهياكل كانت هي أيضا عرضة لكثير من الإنكسارات. من هذه الإنكسارات يمكننا أن نذكر الصدعات الأفقية وهي عديدة، وهي ذات إتجاه عام شمال - غرب و جنوب - شرق. هناك أيضا إنكسارات ذات إتجاه شمال - جنوب على شكل تصدعات عادية.

تتشكل النتوات التي تمثل العصر الفالنجيني لجبال عين مليلة أساسا من الدولوميت. في الجانب الصناعي، هذه الدولوميت تشكل حقول كبيرة للإستغلال. محاجر عديدة، بما فيها محجرة جبل تايوالت، أنشئت في هذه المنطقة. الهدف الرئيسي من هذه المحاجر هو إستغلال هذه الدولوميت الفالنجينية والتي لها الخصائص الفيزيائية، الميكانيكية وكذلك الكيميائية التي تجعلها ذات قيمة للإستغلال، وبالتالي تلبي احتياجات العديد من الصناعات.

المعرفة المفصلة لهذا النوع من الصخور من المنظور الرسوبي، البتروغرافي و الدياجينيتي لها أهمية كبيرة لفهم نشأة الدولوميت، وتحويلها وتوزيعها في الفضاء. توصيف الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه الدولوميت هو أيضا ذو أهمية كبيرة للتأكيد على جودة المادة.

من خلال إسقاط حالة حقل جبل تايوالت على التشكيلات الدولوميتية للجبال الأخرى لعين مليلة، قد تشكل هذه الدولوميت الفالنجينية قيمة كبيرة للإستغلال المستقبلية.

SOMMAIRE

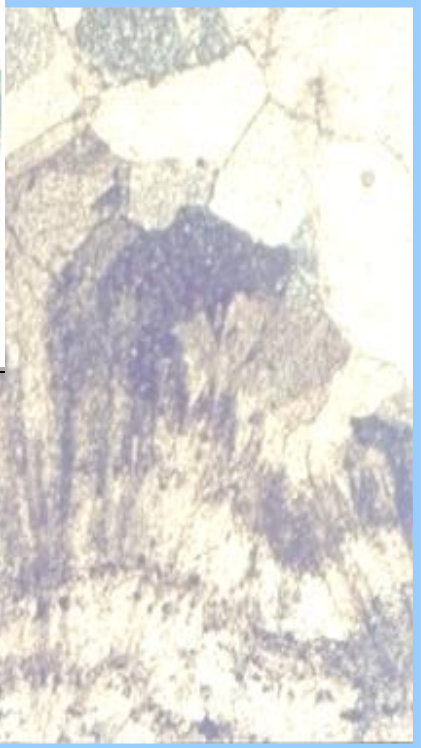
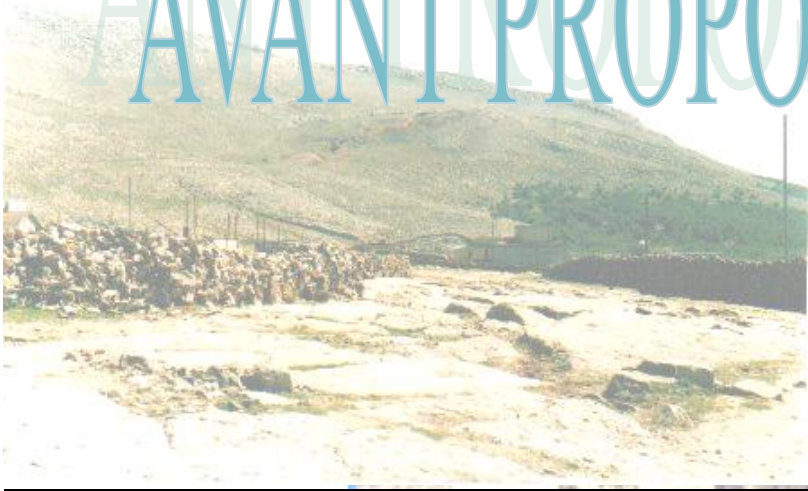
AVANT PROPOS	10
I. CHAPITRE I : GENERALITES	12
I.1. Situation géographique.....	13
I.2. Climat et végétation.....	14
I.3. Réseau hydrographique.....	14
I.4. Historique des travaux géologiques et miniers.....	16
II. CHAPITRE II : GEOLOGIE REGIONALE	18
II.1 Introduction.....	19
II.2 Le domaine interne.....	20
II.2.1 Le socle kabyle.....	20
II.2.2 La dorsale kabyle.....	20
II.3 Le domaine médian ou domaine des flyschs.....	21
II.3.1 Les flyschs maurétaniens.....	22
II.3.2 Les flyschs massyliens.....	22
II.3.3 Les flyschs numidiens.....	22
II.4 Le domaine externe.....	25
II.4.1 Les séries telliennes.....	25
a) Les unités ultra-telliennes.....	25
b) Les unités telliennes au sens strict.....	25
c) Les unités péni-telliennes.....	26
II.4.2 Les séries de l'avant-pays allochtone.....	26
a) L'unité sud sétifienne.....	27
b) L'unité néritique constantinoise.....	28
c) Les unités de type Sellaoua.....	31
II.4.3 L'avant pays autochtone (domaine atlasique).....	32
II.5 Les séries post-priaboniennes.....	32
II-5-1 Le Numidien.....	32
II-5-2 L'Oligo-Miocène kabyle.....	32
II-5-3 Le Mio-Pliocène.....	33
a) Le Mio-Pliocène marin.....	33
b) Le Mio-Pliocène continental.....	33
II.6 Structure de la chaîne alpine.....	33
II.7 La tectonique.....	34
II-7-1 La phase atlasique.....	34
II-7-2 La phase burdigalienne.....	35
II-7-3 La phase fini-miocène.....	35
II-7-4 Phase neo-tectonique post-tortonienne.....	35
II.8 La tectonique du néritique constantinois.....	36
III. CHAPITRE III : GEOLOGIE DES MONTS D'AÏN M'LILA	37
III.1 Lithostratigraphie des monts d'Aïn M'lila.....	38
III.2 Les terrains antérieurs au Cénomaniens.....	38
III-2-1 La série du djebel Anouda.....	38
III-2-2 La séries des djebels Tolba et Nif Ennder.....	40
III-2-3 La série de Koudiat El Djemaa.....	40
III-2-4 La série du djebel Guelaat Ouled Sellem.....	41

III.3	La surface durcie au toit du Crétacé inférieur.....	46
III.4	Le Crétacé moyen.....	46
III-4-1	La vallée entre djebel Anouda et djebel Nif Ennser.....	46
III-4-2	La vallée entre djebel Tolba et djebel Guelaat Ouled Hadj.....	47
III-4-3	Au djebel Guelaat Ouled Sellem.....	47
III.5	Le Crétacé supérieur, le Paléocène et l'Eocène.....	48
III-5-1-	Le Sénonien.....	48
III-5-2-	Le Paléocène.....	48
III-5-3-	L'Eocène.....	48
III.6	Paléogéographie des monts d'Aïn M'lila.....	51
III.7	Tectonique des monts d'Aïn M'lila.....	51
III-7-1	La phase Crétacé supérieur.....	52
III-7-2	La phase Eocène.....	52
III-7-3	La phase Miocène.....	53
IV.	CHAPITRE IV : GEOLOGIE DU DJ. TEIOUALT.....	55
IV-1-	Cas du djebel Teioualt.....	56
IV-2-	La lithostratigraphie du djebel teioualt.....	58
IV.2.1	Le Valanginien.....	58
IV.2.2	L'Hauterivien.....	58
IV.2.3	Le Barrémien.....	58
IV.2.4	L'Aptien.....	59
IV.2.5	L'Albien.....	59
IV.2.6	Le Cénomaniens.....	59
IV.2.7	Le Sénonien.....	59
IV.2.8	L'Eocène.....	62
IV.2.9	L'Oligocène.....	62
IV.2.10	Le Pliocène.....	62
IV.2.11	Le Quaternaire.....	62
IV-3-	La tectonique du djebel Teioualt.....	63
IV-4-	L'hydrogéologie.....	63
V.	CHAPITRE V : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE.....	69
V.1	Introduction.....	70
V-1-1-	Travaux de terrain.....	70
V-1-2-	Travaux de laboratoire.....	70
V.2	Nomenclature utilisée pour les roches carbonatées.....	71
V.3	Classification des roches carbonatées.....	72
V.4	Généralités sur les roches carbonatées.....	78
V.5	Formation des roches carbonatées.....	78
V.6	Principales caractéristiques des carbonates.....	78
V.7	Les principaux constituants des roches carbonatées.....	80
➤	Les constituants chimiques.....	80
➤	Les éléments figurés ou allochèmes.....	80
V.8	Les milieux marins de sédimentation et leurs caractéristiques.....	80
V-8-1-	Le milieu de plate-forme.....	82
a)	Influence de la morphologie.....	82
b)	Influence de facteurs dynamiques.....	83
c)	Le chimisme des eaux.....	83
d)	Influence de la lumière.....	83

V-8-2-	La plate-forme carbonatée.....	83
a)	La plate-forme interne.....	83
-	La zone supratidale.....	83
-	La zone intertidale.....	84
-	La zone subtidale.....	84
b)	La barrière.....	84
c)	La plate-forme externe.....	84
V-8-3-	Le talus.....	85
V-8-4-	Le bassin.....	85
V.9	Notions sur les roches dolomitiques.....	85
a)	Les dolomies primaires.....	90
b)	Les dolomies secondaires.....	90
V.10	Notions de diagenèse.....	90
V.11	Les facteurs diagénétiques.....	91
V.12	Les phases de la diagenèse.....	91
V.13	La diagenèse des roches carbonatées et la dolomitisation.....	93
V.14	La dédolomitisation (calcitisation).....	94
V.15	Examen des échantillons et interprétation lithostratigraphiques.....	94
V-15-1-	Le Valanginien.....	94
V-15-2-	L'Hauterivien.....	99
V-15-3-	Le Barrémien.....	99
V-15-4-	L'Aptien.....	101
V-15-5-	L'Albien.....	102
V-15-6-	Le Cénomaniens.....	102
V-15-7-	Le Sénonien.....	102
V-15-8-	L'Eocène.....	102
V-15-9-	L'Oligocène.....	103
V-15-10-	Le Pliocène.....	103
V.16	Description des phénomènes diagénétiques reconnus.....	103
1-	La compaction.....	103
2-	La cimentation.....	104
3-	La dissolution.....	105
4-	La silicification.....	105
5-	La dolomitisation.....	105
6-	La dédolomitisation.....	105
V.17	Chronologie des phénomènes diagénétiques.....	106
V.18	Conclusion.....	107
VI.	Chapitre VI : LA CARRIERE DE TEIOUALT.....	109
VI.1	Localisation.....	110
VI.2	Particularités infrastructurelles.....	110
VI.3	Hydrographie.....	111
VI.4	Etat actuel de la carrière.....	111
VI.5	La matière première exploitée.....	112
VI.6	La méthode d'exploitation.....	112
VII.	Chapitre VII : ETUDE DU GISEMENT.....	115
VII-1-	Introduction.....	116
VII-2-	Caractéristiques géologiques du gisement.....	116
VII-3-	Estimation des réserves.....	119
VII-4-	Données de la campagne de prospection de 1975.....	121
-	Analyses chimiques.....	122

- Essais physico-mécaniques.....	123
VII-5- Données de l'étude de 2008.....	123
VII-6- Données de l'étude de 2012.....	128
VII-7- Données de l'étude de 2014.....	131
VII-8- Interprétation des analyses chimiques.....	132
VII-9- Notions sur la décarbonatation et spécificités des chaux dolomitiques.....	133
VII-10- Conclusion.....	135
VIII. Chapitre VIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.....	136
VIII-1- Introduction.....	137
VIII-2- Impact sur le milieu biophysique.....	137
VIII-2-1- Impact sur le paysage.....	137
VIII-2-2- Impact sur les milieux naturels : faune, flore et habitats.....	138
VIII-2-3- Impact sur les eaux superficielles et souterraines.....	138
a) Les eaux de surface.....	138
b) Les eaux souterraines.....	139
VIII-2-4- Déchets et impact sur le climat.....	140
a) Effets directs de l'exploitation sur le climat.....	140
b) Production des déchets.....	140
VIII-3- Impact sur l'environnement humain.....	141
VIII-3-1- Impact sonore.....	141
VIII-3-2- Impact de poussières.....	142
VIII-3-3- Impact des vibrations.....	143
VIII-3-4- Impact lié au transport des matériaux.....	143
VIII-4- Conclusion.....	143
CONCLUSION GENERALE.....	144
RECOMMANDATIONS.....	148
BIBLIOGRAPHIE.....	150
PLANCHES.....	158
ANNEXES.....	171
LISTE DES FIGURES.....	185
LISTE DES TABLEAUX.....	188

AVANT PROPOS



L'Algérie dispose, sur son vaste territoire, d'une grande variété de gisements potentiellement aptes à donner des matériaux que l'homme, en raison des nombreuses applications qu'ils permettent, utilise pour ses diverses activités de la vie courante. La connaissance et la gestion de ce patrimoine minéral sont des éléments déterminants pour le développement du pays. Elles incombent au Ministère de l'Energie et des Mines qui a la charge de fixer les choix et les orientations stratégiques en matière de ressources granulaires en fonction des impératifs socio-économiques.

Les dolomies, comme les calcaires auxquelles elles sont intimement associées, présentent un potentiel en agrégats et poudre très prometteur. Elles peuvent servir de matières premières dans beaucoup de domaines industriels, notamment dans la production de chaux, des réfractaires et des isolants thermiques. Elles peuvent également être utilisées dans la métallurgie, l'industrie chimique, la verrerie et certaines autres industries.

Le gisement de Teioualt est l'un des exemples types où l'exploitation du minerai dolomitique est très développée. Cette exploitation concerne les dolomies valanginiennes riches en magnésium et aux qualités chimiques appréciables.

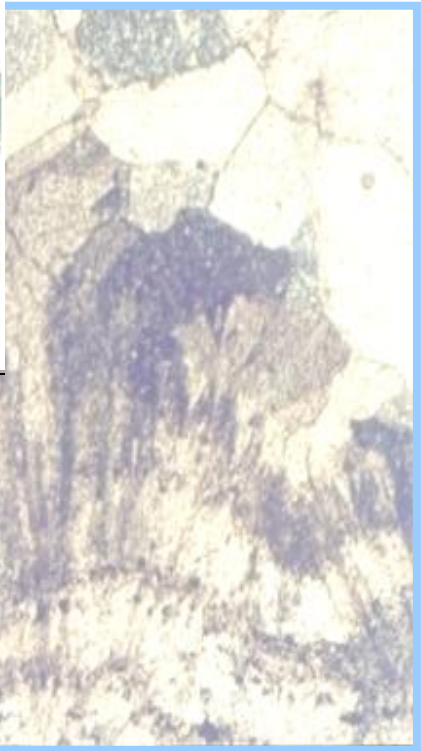
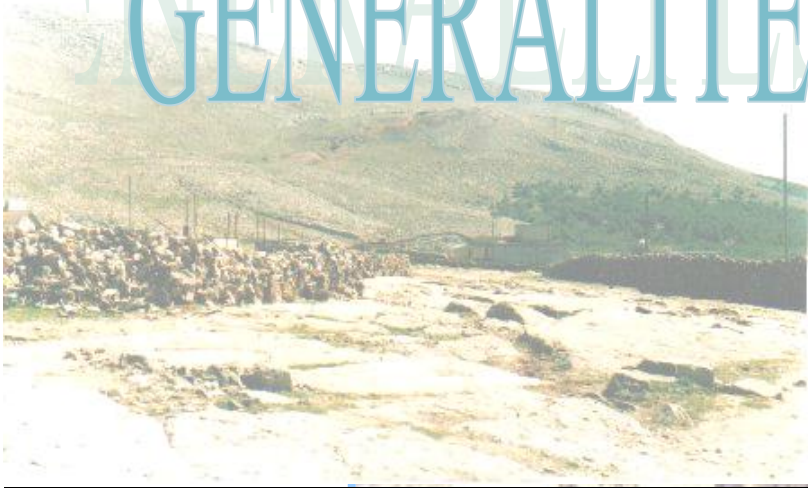
L'objectif de cette étude porte sur la caractérisation de l'environnement sédimentaire, de la diagenèse, de la géochimie, de la qualité de la matière exploitée au niveau de la carrière de Teioualt, ainsi que l'impact des travaux d'exploitation sur l'environnement.

Pour y parvenir, nous avons fait une étude sédimentologique des différentes formations caractérisant les monts d'Aïn M'lila, ainsi que celle constituant la série du Djebel Teioualt. Aussi, nous avons fait un examen microscopique des lames minces afin de pouvoir reconstituer les variations des milieux de dépôt et de définir les phénomènes diagénétiques qui ont pu affecter les formations carbonatées.

Une étude géochimique des teneurs en éléments majeurs des dolomies valanginiennes exploitées est d'une grande importance pour la confirmation de leur qualité et avoir une idée sur les teneurs en impuretés minérales et leur degré d'insignifiance.

CHAPITRE I

GENERALITES



I-1- Situation géographique :

Les monts d’Ain M’lila sont localisés dans la zone septentrionale des hautes plaines constantinoises, à une quarantaine de km au Sud - Ouest de Constantine et à environs 70 km au Nord - Est de Batna, deux villes de l’Est algérien (fig.1).

Ils sont caractérisés par un ensemble montagneux individualisé, présentant une morphologie morcelée en de nombreux massifs isolés, imposants par leurs dénivellations et qui forment un contraste saisissant avec l’étendue des plaines recouvertes de dépôts quaternaires (fig. 2).

Les monts d’Ain M’lila font partie de l’ensemble orographique des monts de Constantine dont le point le plus culminant est celui de Djebel Guerioum qui atteint l’altitude de 1729m (fig. 3).



Fig. 1 : Localisation géographique de la région d’étude



Fig. 2 : Un des massifs des monts d'Ain M'lila (Dj. Teioualt) émergeant d'une plaine à dépôts quaternaires

I-2- Climat et végétation :

La région d'Ain M'lila est caractérisée en général par un climat semi-aride; un hiver froid avec de faibles précipitations atteignant en moyenne 400 mm/an, et un été sec et chaud. La température moyenne varie de 10° à 20° en hiver et de 30° à 40° en été.

Le régime semi-aride, ainsi que la nature du sol, sont à l'origine de la médiocrité de la végétation de la région. A l'exception de quelques bosquets autour d'Ain Mlila et auprès de certaines fermes, les arbres sont totalement absents des plaines comme des montagnes.

I-3- Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique dans la région est caractérisé par la présence de nombreux cours d'eau. On en distingue deux types d'oueds ; ceux qui coulent vers le sud dans la direction des Sebkhass, et ceux qui se dirigent vers le nord pour former des affluents de Oued Rhumel, le cours d'eau le plus important du constantinois.

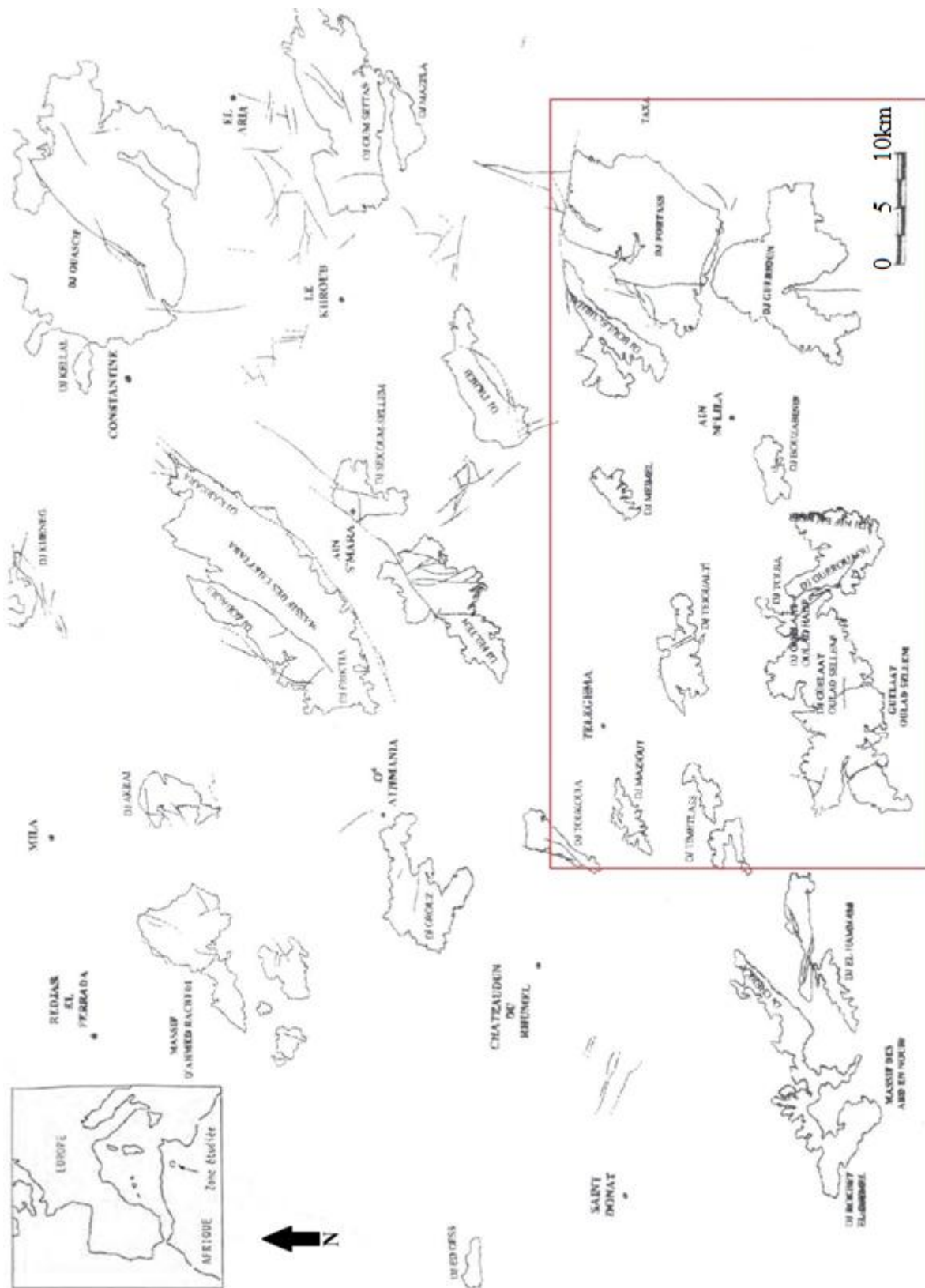


Fig. 3 : Toponymie et situation des monts d'Aïn M'lila par rapport aux monts de Constantine

I-4- Historique des travaux géologiques et miniers:

Les premiers travaux géologiques, dans la région d'étude, furent ceux de « E. Renou », publiés en 1843, sur les calcaires de Djebel Nif Ennser.

En 1881, « J. Tissot » a publié la première carte géologique du constantinois au 1/800000.

En 1912, « Blayac » a défini les limites paléogéographiques entre les faciès néritiques au sud et ceux bathyaux au nord dans le domaine aurésien septentrional, en considérant, ainsi, la plaine d'Aïn M'lila comme une cuvette synclinale située entre deux formations anticlinales : Djebel Guérioun à l'Est et Djebel Nif Ennser à l'Ouest.

En 1957, les études géologiques de « B. C. Bär » ont abouti à la publication d'une carte géologique, de notre région d'étude, au 1/50000, accompagnée d'une description stratigraphique très détaillée.

En 1973, l'étude de « R. Guiraud », sur le bassin du Hodna et des régions limitrophes, met en évidence l'allochtonie du « môle néritique constantinois » et sa différence de faciès par rapport aux zones méridionales.

En 1975, la « Sonarem » effectue des travaux de prospection sur les dolomies du massif de Teioualt. Durant cette campagne, un levé géophysique par méthode électrique, ainsi que des analyses d'échantillons ont été effectués. Ce qui a permis de configurer la structure du terrain et d'apprécier la qualité des dolomies exploitables.

En 1980, « J. M. Vila » introduit le concept de « nappe néritique constantinoise » en notant la présence d'un « rouleau frontal » au front de la nappe néritique constantinoise qui chevauche, vers le sud, le Miocène à l'ouest d'Aïn M'lila.

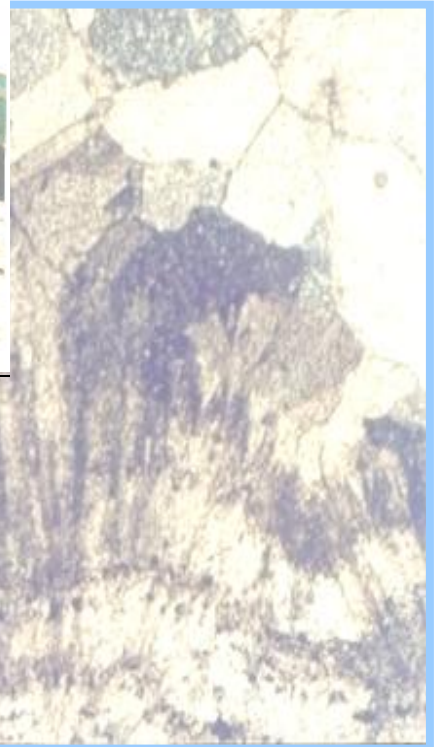
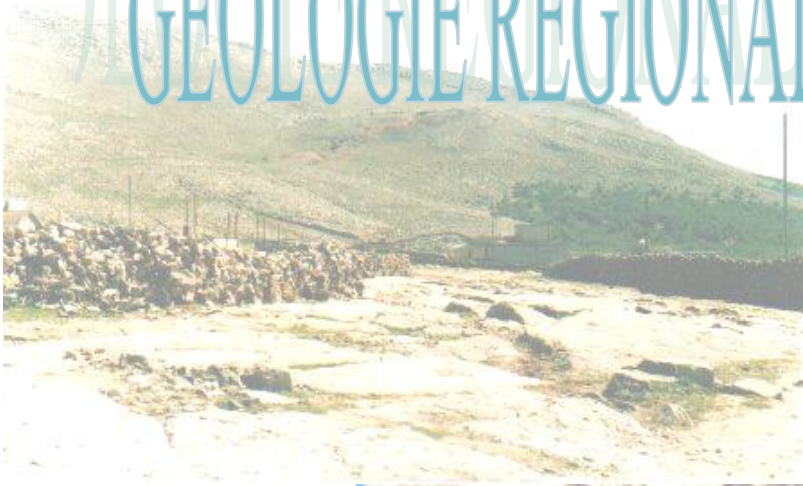
En 1986, La paléogéographie de notre région d'étude a été dressée par « N. Kazi-Tani » en interprétant l'évolution structurale des monts du constantinois.

En 1991, « M. Chadi » conteste l'allochtonie de la « nappe néritique constantinoise » et met en évidence une émergence du néritique constantinois à l'Albo-Aptien.

En 1994, « Y. Aris » quantifie la tectonique mésozoïque et Cénozoïque et met en évidence les déformations plio-quadernaire. L'auteur met en évidence, sur le plan stratigraphique, d'importantes lacunes de dépôts, des hard-ground et des variations d'épaisseurs.

CHAPITRE II

GEOLOGIE REGIONALE



II-1- Introduction :

Les Monts d'Aïn M'lila, qui font l'objet de notre étude, font partie des massifs méridionaux de la série néritique constantinoise. Cette dernière est une unité paléogéographique composée de massifs essentiellement carbonatés, datés Jurassico – Crétacé, constituant une plateforme surmontée par une couverture marno – calcaire et conglomératique d'âge Crétacé et post – Crétacé.

La série néritique constantinoise, qui s'étend de l'Est à l'Ouest aux environs de 160km et du Nord au Sud aux environs de 80km, fait partie du domaine externe de la chaîne alpine d'Algérie orientale (fig. 4). Elle est l'un des segments de la chaîne des maghrébides qui est constituée de différentes nappes en superposition anormale à vergence sud dominante (fig. 5). Elle a été subdivisée en trois domaines paléogéographiques, qui sont, du nord au sud (fig.6):

- Le domaine interne.
- Le domaine médian ou domaine des flyschs.
- Le domaine externe.



Fig. 4 : Situation des monts d'Aïn M'lila dans leur contexte maghrébin (J. M. Vila, 1980)

II-2- Le domaine interne :

Il correspond aux massifs à formations cristallophylliennes de la grande et de la petite Kabylie (le socle kabyle) et à sa couverture carbonatée, nommée la dorsale kabyle.

II-2-1- Le socle kabyle :

C'est un terrain métamorphique (Delga, 1955 et 1969, Boullin, 1977 et Raoult, 1974) qui comporte quatre ensembles lithologiques, qui sont de bas en haut :

- Un ensemble crustal profond appartenant aux faciès des granulites (J. P. Boullin, 1977 ; P. Peucat et G. Bossière, 1980).
- Des gneiss à intercalations de quartzites et d'amphibolites.
- Des phyllades peu métamorphisées.
- Un ensemble essentiellement sédimentaire qui débute au Cambrien et atteint le Carbonifère (Baudelot et Grey, 1979).

Le socle kabyle a été, probablement, émergé durant le Secondaire, du fait que les formations oligo-miocènes reposent directement sur le socle kabyle.

II-2-2- La dorsale kabyle :

Appelée également « chaîne calcaire », du fait de la dominance des sédiments carbonatés. Elle apparaît au sud d'Annaba (Dj.Abiod) et on peut la suivre jusqu'au nord de Constantine (Dj. Sidi-Driss) et en grande Kabylie (Babor).

Paléogéographiquement, les dépôts de la chaîne calcaire sont subdivisés en trois domaines (J. F. Raoult, 1974 et J. M. Vila, 1980) :

- a) Dorsale interne : Elle montre une série constituée de conglomérats à la base et de calcaire au sommet d'âge Permien- Néocomien, le tout est suivi par une lacune jusqu'au Turonien. L'Eocène est constitué de calcaire néritique à microfaune benthique.
- b) Dorsale médiane : La base de la série est identique à celle de la dorsale interne, mais qui atteint le Barrémien. Les formations allant du Crétacé supérieur à l'Eocène moyen sont marno-calcaires riches en microfaune pélagique. Au lutétien supérieur on rencontre des calcaires à nummulites.
- c) Dorsale externe : Elle comporte une sédimentation détritique grossière allant du Crétacé au Paléocène. L'analogie de la série de la dorsale kabyle externe avec celle des flyschs maurétaniens pousse à penser que la dorsale kabyle externe pourrait constituer une zone de transition entre les flyschs maurétaniens au sud et les zones internes de la chaîne calcaire au nord.

Ces trois séries de la dorsale Kabyle s'étalent du Permo-Trias au Lutétien. Elles ne se différencient qu'à partir du Néocomien et elles admettent une couverture gréséo-micassée d'âge Priabonien à Oligocène supérieur (J. F. Raoult, 1969).

II-3- Le domaine médian ou domaine des flyschs :

En Algérie, le domaine des flyschs d'âge Crétacé à Paléocène, se caractérise par des formations de plaines abyssales, mises en place par des courants de turbidites (J. P. Bouillin, 1986). Ce domaine a été subdivisé en trois groupes :

- Les flyschs maurétaniens ou flyschs de Guerrouch.
- Les flyschs massyliens ou flyschs schisto-quartzeux.
- Les flyschs numidiens.

II-3-1- Les flyschs maurétaniens (flyschs de Guerrouch):

Ils montrent une série allant du Malm au Priabonien, ils sont représentés par une série assez variée avec des Radiolarites rouges du Malm (J. M. Vila, 1980), surmontée par des calcaires du Néocomien passant vers le haut à une puissante série argilo-gréseuse, représentant les étages Barrémien à Albien, et des calcaires au sommet d'âge Crétacé supérieur qui se termine par un ensemble complexe de marnes, de calcaires microbréchiques sableux et de conglomérat du Turonien au Priabonien inférieur.

II-3-2- Les flyschs massyliens (flyschs schisto-quartzeux):

Ils sont représentés par un Crétacé inférieur argilo-quartzitique, surmonté par des niveaux de Phtanite du Cénomaniens. Au sommet de la série on y rencontre une alternance d'argiles et de microbrèches d'âge Crétacé (J. F. Raoult, 1972).

II-3-3- Les flyschs Numidiens:

Ce terme a été avancé par E. Ficheur (1898), il recouvre un ensemble gréseux couvrant d'importantes surfaces dans le nord de l'Algérie. L'extension de cet ensemble est considérable (plus de 2000 km) puisqu'on le retrouve vers l'Est en Tunisie et en Italie et vers l'Ouest au Maroc et en Andalousie.

Dans la série numidienne on rencontre, de bas en haut, la trilogie suivante :

- Des argiles dites « sous-numidiennes » à Tubotomaculum d'âge Oligocène moyen à supérieur.
- des grès hétérogènes d'âge Aquitanien.
- Des argiles dites « supra-numidiennes » avec marnes et de silexites d'âge Burdigalien.

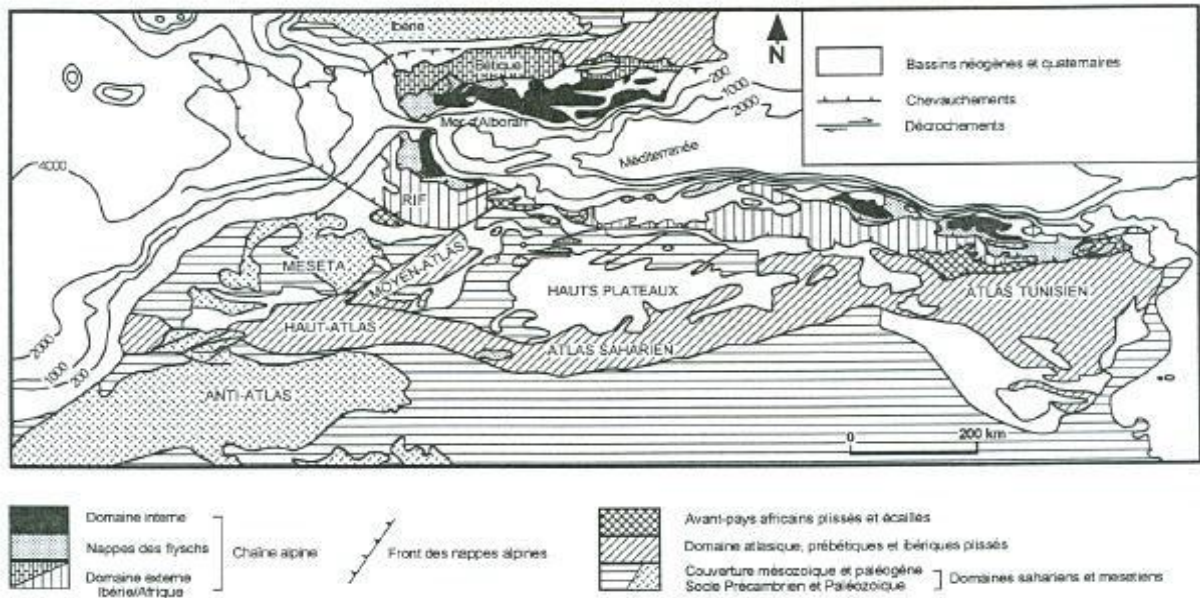


Fig. 5 : Cadre structural africain et ibérique de la chaîne tello-rifaine (W.Wildi, 1983)

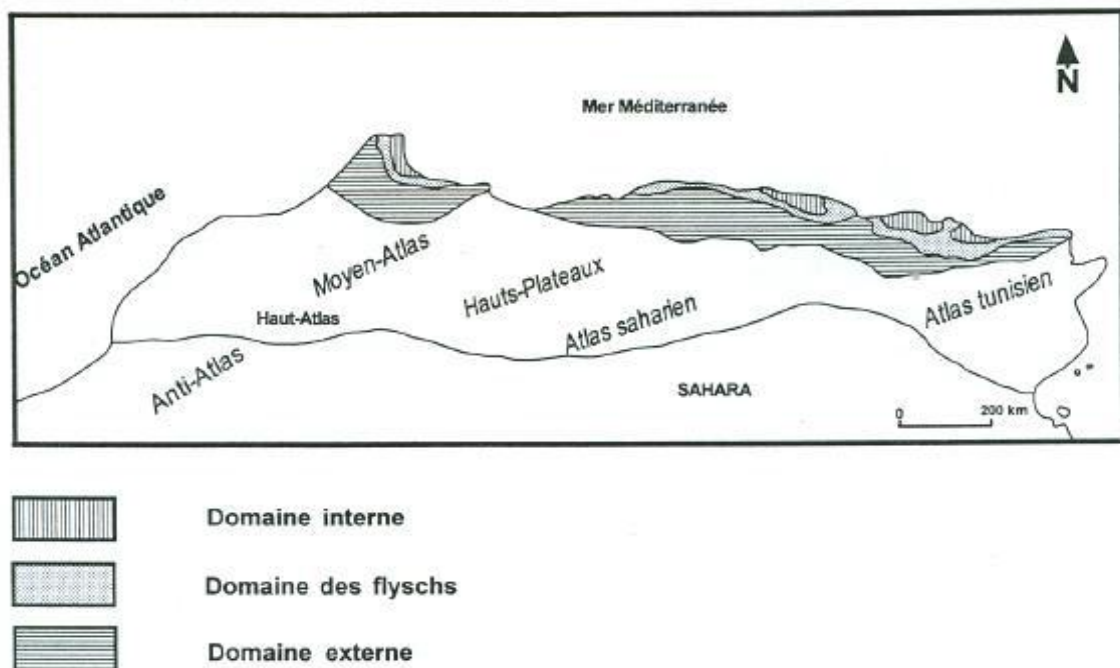


Fig. 6 : Schéma structural simplifié des Maghrébides (M. Durand-Delga et J. M. Fontbote, 1980).

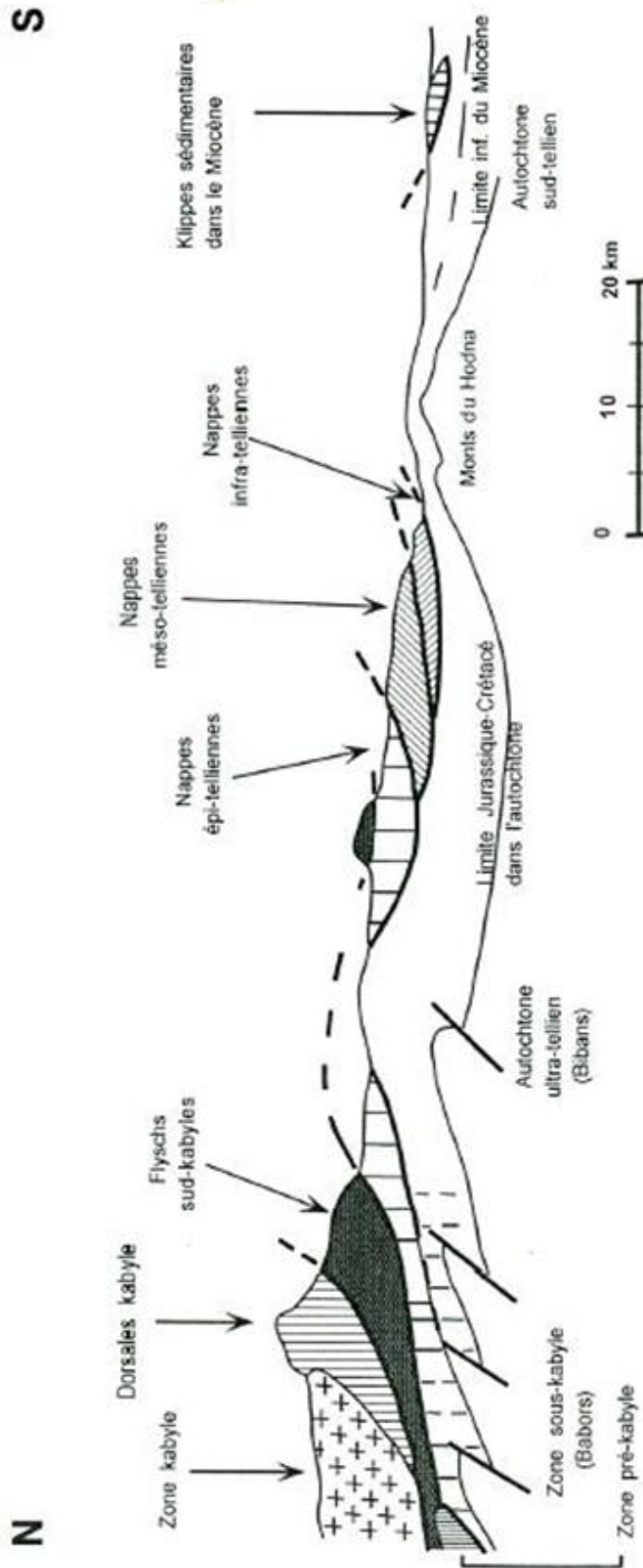


Fig. 7 : Coupe géologique schématique illustrant les relations structurales entre les différentes unités de la chaîne alpine d'Algérie orientale (d'après M. Durand-Delga, 1969).

II-4- Le domaine externe :

Il correspond aux domaines situés paléogéographiquement sur la paléomarge africaine (Bouillin, 1986). En Algérie orientale, le domaine externe est représenté par les séries telliennes, les séries de l'avant pays allochtone et les séries de l'avant pays atlasique autochtone.

II-4-1- Les séries telliennes :

Ce sont les formations les plus septentrionales du domaine externe. Elles sont épaisses et à dominantes marneuses. Les formations telliennes sont représentées par trois unités empilées les unes sur les autres du Nord vers le Sud :

a) Les unités ultra-telliennes :

Elles ont été définies au « Kef Sidi-Driss » par J. F. Raoult (1969) et au Djebel Bou Sbaa par J. M. Vila (1968). Elles comportent de bas en haut:

- Un Crétacé inférieur marneux et biomicritique clair.
- Un Sénonien supérieur qui contient des passés microbréchiques constitués d'éléments de calcaires biodétritiques.
- Un Eocène représenté par des marnes sombres à boules jaunes à la base, sur lesquelles reposent des calcaires à silex, puis des marnes sombres au sommet.

b) Les unités telliennes au sens strict :

Les formations de ce domaine affleurent au nord du massif de « M'cid-Aïcha » et le long de l'oued El-Kebir (sud d'El-Milia) (Lahondère, 1989). Elles comportent trois termes :

- Un terme inférieur marneux d'âge Paléocène.
- Un terme moyen constitué de calcaires gris à noirs d'âge Eocène inférieur.
- Un terme supérieur marneux renfermant des boules jaunes d'âge Lutétien.

Dans la région de Constantine, les formations issues de ce domaine sont charriées sur les séries néritiques notamment au nord et au sud de Dj.Feltene (Lahondère, 1989).

c) Les unités péni-telliennes et les unités méridionales à nummulites :

J. M. Vila (1980) et J. C. Lahondère (1983) ont proposé d'appeler péni-tellien (domaine méridional transitoire pour J. C. Lahondère) l'espace paléogéographique situé entre les séries néritiques franches à sédimentation calcaire continue jusqu'au Sénonien supérieur (rocher de Constantine), et les formations issues du domaine tellien au sens strict. Ces formations péni-telliennes occupent deux positions structurales différentes :

a- Au Nord, en fenêtres sous la nappe tellienne notamment au Dj. Hellal, Dj. Helfa, Dj. Boucharef, Monts d'Ahmed Rachdi et Dj. Akhal.

b- Au Sud et à l'Est, en lambeaux charriés sur les massifs néritiques constantinois, au Dj. Grouz, Dj. Kheneg et Dj. Chettaba (Vila, 1980).

Notant aussi que la couverture éocène et sénonien-supérieure de ce domaine est charriée plus au sud et forme la « nappe tellienne méridionale à nummulites » (J. M. Vila, 1980).

II-4-2- Les séries de l'avant pays allochtone :

Elles comportent les unités intermédiaires entre les pays des nappes et les pays autochtones. Ces unités intermédiaires se particularisent par une variabilité importante dans leur lithostratigraphie et par le style des déformations. Il faut noter que le problème d'allochtonie ou d'autochtonie de ces unités reste controversé (Lahondère, 1989).

Ce domaine comporte d'Ouest en Est les unités suivantes (fig.8):

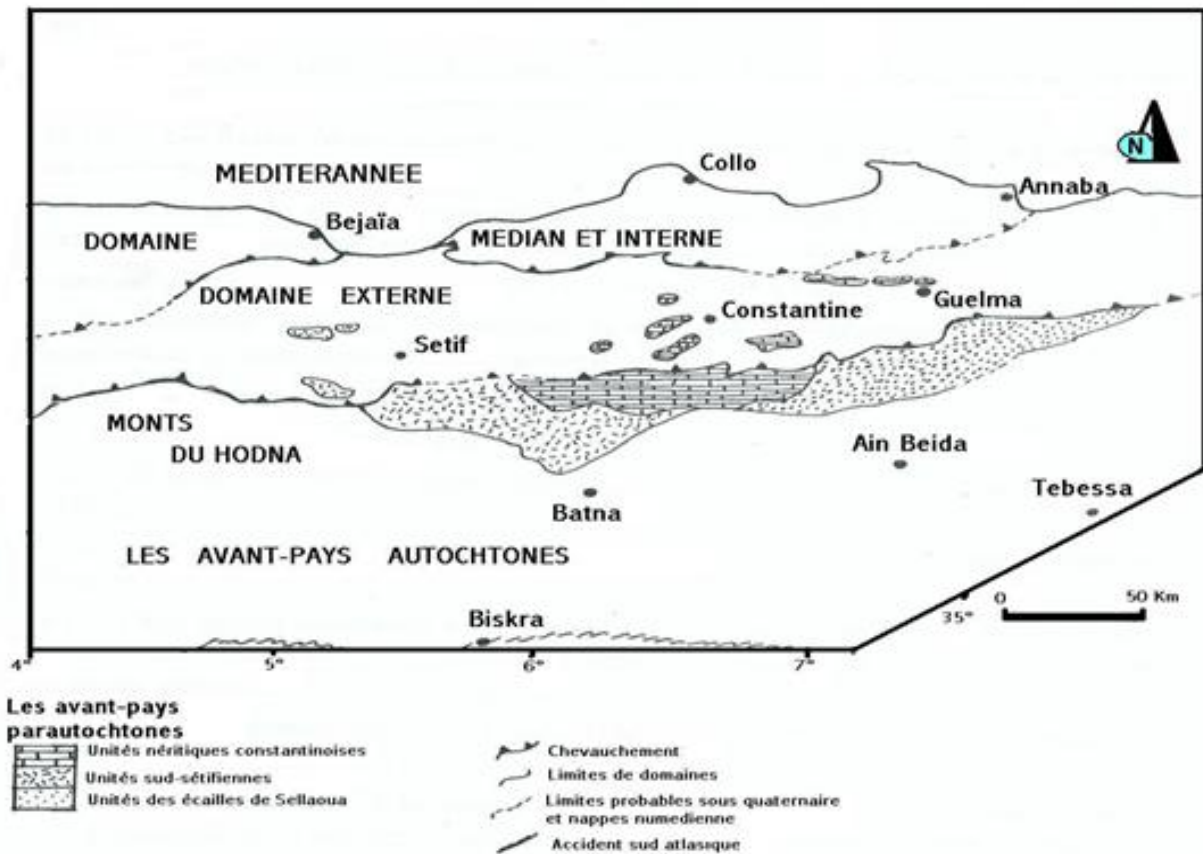


Fig.8 : ESQUISSE STRUCTURALE DU NORD-EST ALGERIEN
(D'après: W.WILDI, 1983)

a) L'unité sud-sétifienne :

Cette unité a été décrite par J. M. Vila (1980), elle est caractérisée par des séries mésozoïques homogènes de plate-forme, qui admettent des intercalations pélagiques. Elle apparaît en fenêtre sous les nappes telliennes au nord (Dj. Guergour, Dj. Anini) et en demi-fenêtre à l'ouest au contact avec les massifs des Bibans.

A l'est, elles s'intercalent entre l'unité néritique constantinoise et les écailles atlasiques de Sellaoua (Wildi, 1983).

b) L'unité néritique constantinoise (fig.9) :

Cette unité, dont fait partie les monts d'Aïn M'lila, est représentée par des grands massifs, calcaires et calcaro-dolomitiques à microfaune benthonique et à Rudistes du Mésozoïque (Crétacé), qui représentent l'essentiel des massifs carbonatés qui constituent le « môle néritique constantinois ».

Les massifs rattachés à cette unité sont subdivisés en trois principaux groupes (J. M. Vila, 1980).

- 1- Les massifs septentrionaux : Dj. Kheneg, Dj. Kellal, le rocher de Constantine, Dj. Zouaoui, Dj. Frikia et Dj. Grouz.
- 2- Les massifs intermédiaires : Dj. Feltene, Dj. OumSettass.
- 3- Les massifs méridionaux : Dj. Fortass, Dj. Guerioune et Dj. Nif-Ennesser.

L'unité néritique constantinoise, qui chevauche les écailles de Sellaoua et les unités sud-sétifiennes, est caractérisée par la stratigraphie suivante :

- Le Trias :

Le Trias jalonne de nombreux contacts anormaux entre les diverses unités telliennes, mais on ne le trouve pas à la limite entre les unités les plus basses et la nappe néritique constantinoise.

- Le Jurassique supérieur carbonaté :

Le Jurassique supérieur existe au Dj. Karkara, dans les monts de Aïn-M'lila. Il s'agit de Dolomies noires surmontées par une barre de 90 à 100m de calcaires massifs.

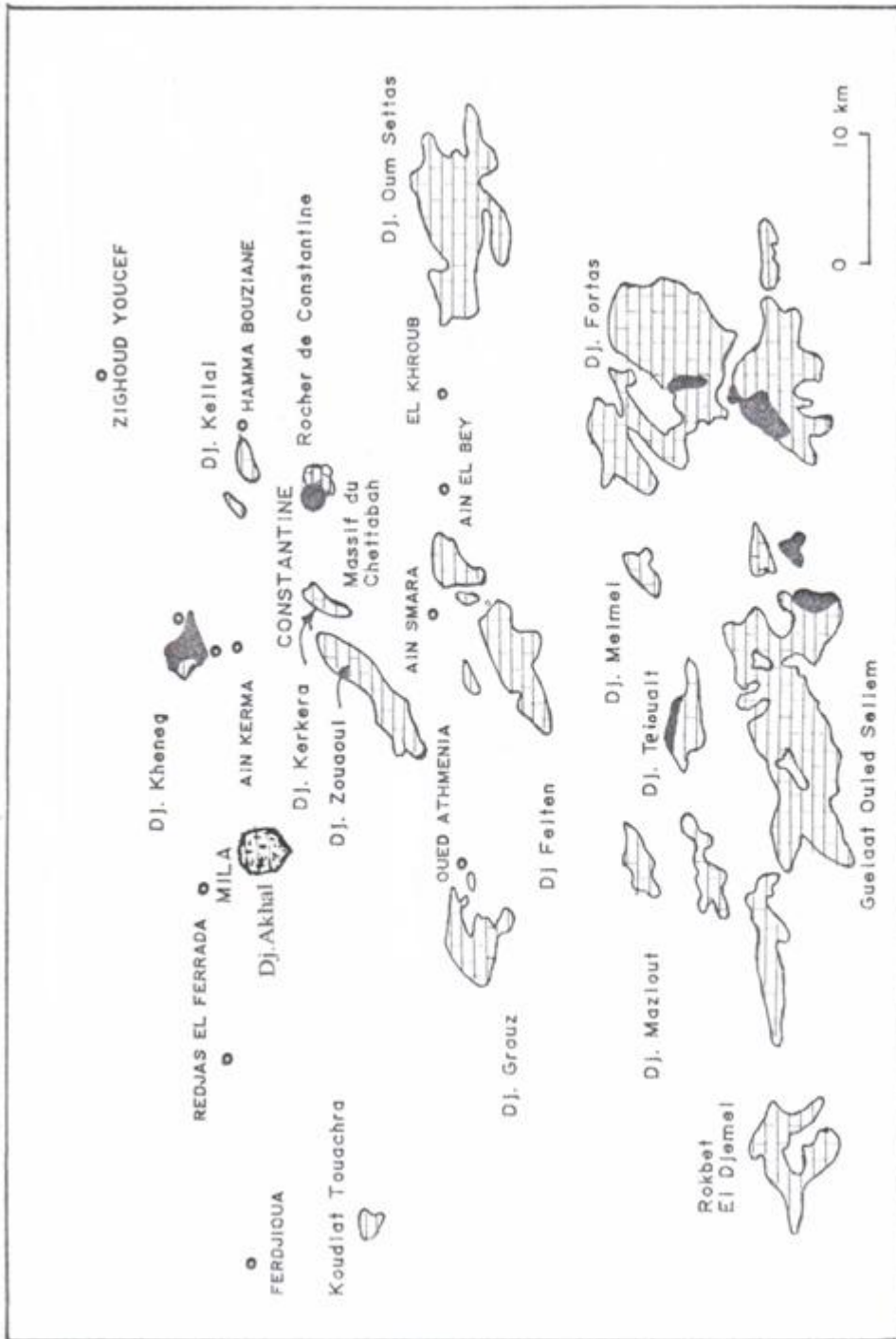


FIG. 9 : PLAN DE POSITION DES SERIES MERITIKES CONSTANTINOISES
(J.M.Villa , 1980)

- Le Néocomien carbonaté :

Aux Dj. Friktia et Karkara, le Néocomien débute au dessus d'un hard ground par des niveaux à calpionelles de la limite Berriasien- Valanginien.

L'épaisseur de ses niveaux ne dépasse pas 50m. Ce sont des calcaires fins et des marnes roses ou jaunâtres à Ammonites. Le Néocomien se poursuit avec 150m de calcaires à silex.

Aux Dj. Guerioune et Fortass, et puis à l'Ouest dans les monts d'Aïn-M'lila, le Néocomien est carbonaté et correspond à 250m ou 300m d'alternance calcaro - dolomitique.

- Le Barrémien :

Aux Dj. Friktia et Karkara, le Barrémien fait suite en continuité aux calcaires à silex d'âge Hauterivien et correspond à une puissante série calcaro - dolomitique de 250 à 300m.

- L'Aptien :

L'Aptien débute en général par 50m de calcaires massifs en gros bancs où ont été rencontrées notamment aux Dj. Friktia et Oum-Settass.

Au dessus, la série se poursuit par 100 à 200m de calcaires micritiques noirs, très riches en milioles et débris de rudistes.

- L'Albien - Vraconien :

L'Albien correspond à la seule rive visible de la série et ses niveaux marneux sont généralement encroûtés. Seuls sont observables des bancs de calcaires noirs grumeleux à rognons. Ce sont surtout des calcaires à bélemnites et à rudistes.

L'ensemble de la série ne dépasse pas la centaine de mètres.

- Le Cénomaniien :

Le Cénomaniien calcaire est connu dans les Dj. Grouz, Feltene, Zouaoui, Frikitia, Karkara, aux Dj. Oum-Settass, Mazela et Djaffa. Cette formation qui peut atteindre 250 à 700m d'épaisseur débute par des calcaires à rudistes et orbitolines.

- Le Turonien :

Le Turonien est présent au sommet du rocher de Constantine. Il est bien individualisé au niveau de Dj. Oum-Settass. Ce sont des calcaires rubanés à rudistes d'une épaisseur de 180m.

- Le Sénonien transgressif :

Les affleurements septentrionaux de la nappe néritique constantinoise possèdent une couverture sénonienne transgressive. La plus diversifiée existe au rocher de Constantine. Le Sénonien débute par une discordance de ravinement et des niveaux d'allure microbréchique avec 20m, environ, de calcaires noirs micritiques à silex.

c) Les unités de type Sellaoua :

Elles affleurent au pied des séries néritiques constantinoises chevauchantes. Elles sont caractérisées par une sédimentation argilo – marno – gréseuse durant tout le Crétacé.

L'agencement brusque de faciès de ces séries et l'Atlas autochtone a conduit Vila (1980) à supposer des chevauchements de grande ampleur.

II-4-3- L'avant pays autochtone (Domaine atlasique) :

En Algérie orientale, ce domaine se caractérise par une épaisse sédimentation mésozoïque à dominance marneuse, donc pélagique, très plissée. Il se positionne dans le prolongement de l'Atlas tunisien (sillon tunisien). Il est constitué en Algérie, d'Ouest en Est, par les monts de Hodna, Bellezma et l'Aouess.

II-5- Les séries post-priaboniennes :

II-5-1- Le Numidien :

Les séries numidiennes sont d'âge Oligocène à Burdigalien inférieur (Lahondère, 1979), elles comportent à leur base des argiles à Tubatonaculum, surmontées par des grès puis des marnes et des silexites.

Le Numidien occupe toujours une position structurale sommitale.

II-5-2- L'Oligo-miocène kabyle (O.M.K.) :

C'est une série sédimentaire correspondant à la couverture stratigraphique transgressive et discordante du socle kabyle (Raoult, 1974), elle est constituée par :

- Des conglomérats à la base.
- Du grès micacé à débris provenant du socle.
- Des silexites à radiolaires.

II-5-3- Le Mio-Pliocène :

On en distingue :

a) Le Mio-Pliocène marin :

Il est caractérisé par des dépôts marins de grandes profondeurs (Durozoy, 1952). Il se présente sous forme de marnes bleutées parfois sableuses ou jaunâtres par oxydation. Le faciès est constant avec des intercalations de niveaux détritiques et de gros nodules calcaires jaunes.

b) Le Mio-Pliocène continental :

Ce sont des dépôts continentaux, représentés par des conglomérats à matrice argilo-sableuse, des argiles et marnes à intercalation de lentilles évaporitiques (gypses, sel gemme).

II-6- Structure de la chaîne alpine :

Dans sa mise au point sur la structure des régions de l'Algérie orientale, M. Durand-Delga (1969) replace l'ensemble des différents domaines de la chaîne alpine au sein d'un ensemble appelé : l'orogène alpin péri-méditerranéen. Il distingue (fig. 7) :

- Les écaillés pré-kabyles du Nord-constantinois.
- La zone sous-kabyle, représentée principalement par les Babors.
- L'autochtone infra-tellien des Bibans.
- L'autochtone néritique du constantinois.
- L'autochtone sud-tellien.

L'allochtone est représenté par les nappes telliennes (infra – méso – épitelliennes) situées au Nord et au Sud de la chaîne des Bibans.

Les travaux de Leikine *et al.*, 1976 ont remis en question la vision d'autochtonie de M. Durand-Delga en montrant que la chaîne des Babors est constituée par la superposition de plusieurs unités telliennes largement déplacées les unes par rapport aux autres.

La nature allochtone de la chaîne des Bibans a été démontrée par les travaux de J. M. Vila *et al.*, 1976. L'observation d'un contact anormal à la base des séries bibaniques a permis de les intégrer aux séries telliennes.

En 1980, J. M. Vila met en évidence un « avant pays allochtone » (fig. 4) au niveau du méridien de Constantine, et observe une extension considérable vers le sud des nappes telliennes.

Les études faites par J. C. Lahondère (1987) et P. E. Coiffait (1992) au niveau du Djebel Guerioum, ainsi que celles menées par M. Chadi (1991) au niveau des monts d'Aïn M'lila, contredisent les avis de J. M. Vila en concluant l'autochtonie de la série néritique constantinoise.

II-7- La tectonique :

La configuration structurale actuelle du nord-est algérien a laissé apparaître les traces de plusieurs phases tectoniques du cycle alpin.

D'après la littérature géologique, les importants phénomènes tectoniques qui sont à l'origine de ce dispositif structural actuel sont :

II-7-1- La phase atlasique :

Cette phase d'âge priabonien (Guiraud, 1973 et Vila, 1980) à caractère tangentiel et à vergence sud, est responsable de la création des nappes de charriage et des chevauchements de la chaîne tellienne, ainsi que des plissements de l'avant pays tellien.

II-7-2- La phase burdigalienne :

Cette phase distensive, à mouvements essentiellement verticaux et horizontaux à vergence nord, est responsable des déformations suivantes :

1. Le bombement de l'aplomb de la Kabylie méridionale.
2. Les plissements d'axe NE-SW.
3. La mise en place des complexes volcano-plutoniques de type «Amizour » (Bouillin, 1970 et Delga, 1969).

II-7-3- Phase fini-miocène :

Cette phase à caractère tangential et vergence sud (Vila, 1980) est à l'origine des structures en nappes des unités suivantes :

1. Nappe tellienne.
2. Ensemble allochtone sud-sétifien.
3. Nappe néritique constantinoise et les unités allochtones orientales du sud-sétifien.
4. L'avant pays autochtone.

II-7-4- Phase neo-tectonique post-tortonienne :

Cette phase s'est manifestée essentiellement par un style tectonique cassant, accompagné localement par des déformations plicatives.

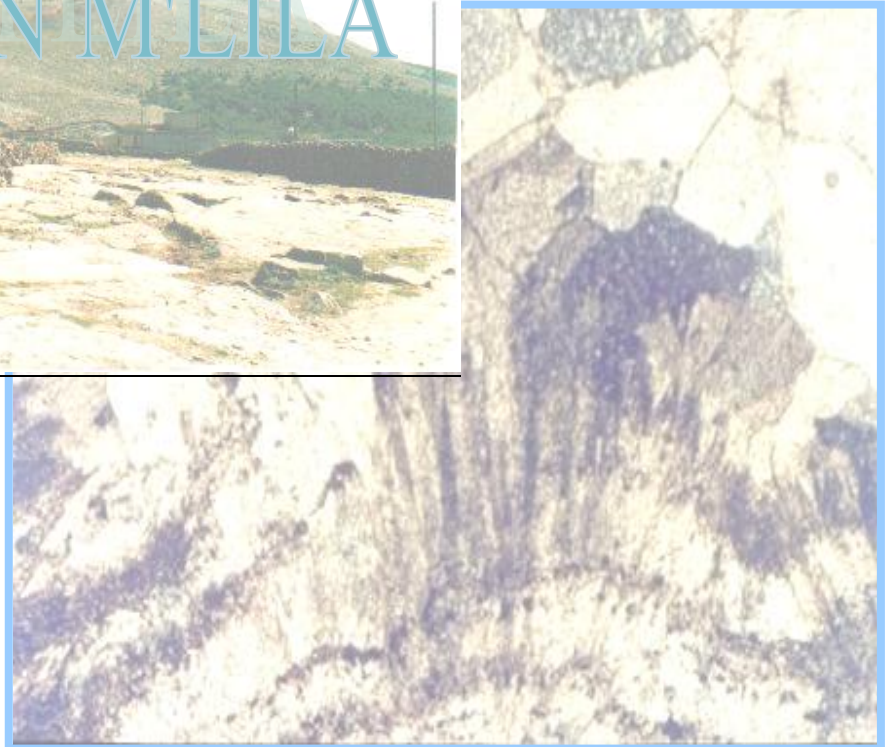
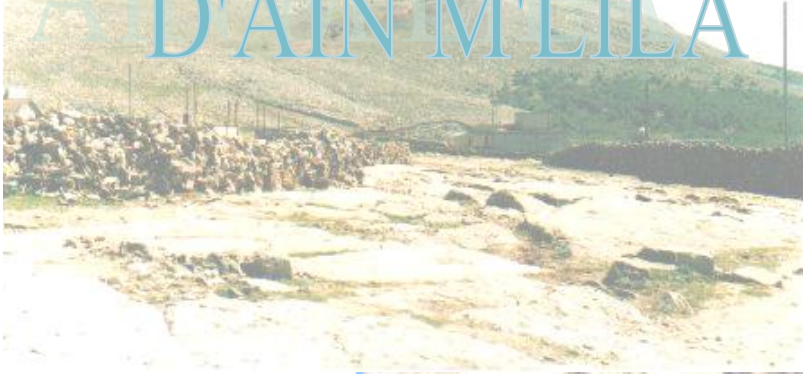
II-8- La tectonique du néritique constantinois :

Les essais interprétatifs des cartes linéamentaires et les travaux de différents géologues sur la région ont suggéré que la nappe néritique constantinoise résulte de la succession d'au moins deux principales phases tectoniques :

- 1- Phase compressive : qui a engendré des décrochements NE-SW, des failles inverses E-W et des failles normales d'extension N-S. Cette phase compressive est dite : Phase fini-miocène.
- 2- Phase neo-tectonique : Caractérisée par le rejeu de la majorité des failles préexistantes donnant ainsi naissance aux reliefs actuels. (Guiraud, 1973).

CHAPITRE III

GEOLOGIE DES MONTS D'AÏN M'LILA



III-1- Lithostratigraphie des Monts d'Aïn M'lila :

L'analyse stratigraphique des Mont d'Aïn M'lila avait mis en évidence une coupure, très franche, entre le Crétacé inférieur calcaro-dolomitique et le Crétacé supérieur marneux (M. Beghoul, 1974).

III-2- Les terrains antérieurs au Cénomaniens :

Les terrains anté-cénomaniens sont représentés à la base par une importante masse de dolomies noires d'âge Valanginien à Hauterivien.

Le Barrémien est caractérisé par des calcaires à algues et montre au sommet des influences marno-gréseuses au sein desquelles est localisé un niveau à *Dictyoconus arabicus* et à *Palorbitolina lenticularis* (Chadi, 1991).

L'Aptien, qui se termine avec une surface durcie, est calcaireux avec, dans sa partie inférieure, des calcaires à Rudistes.

III-2-1 La série du Djebel Anouda :

Elle comporte cinq différents termes (fig. 10) :

a) Le terme I : Il forme la base visible de la série. Ce terme est constitué d'un ensemble de dolomies sombres, de calcaires dolomités et de quelques intercalations de calcaires fins. On y rencontre, de bas en haut :

- Des dolomies brunes sombre souvent bréchiques, d'aspect ruiniforme, surmontant des calcaires dolomitiques largement cristallins et parcourus par de nombreux filonnets calcitiques.
- Des calcaires fins, gris sombres en bancs de 0,20 à 2 m. Ces calcaires sont partiellement dolomités.

Ce « terme 1 » un est un ensemble très variable de calcaires, de calcaires dolomités et de dolomies. Ces dernières recoupent clairement la stratification et envahissent les calcaires par dolomitisation irrégulière.

b) Le terme II : Ce terme débute par des alternances de marnes gréseuses vertes, de dolomies, plus ou moins gréseuses, en bancs d'ordre métrique à décimétrique. Il se poursuit par des grès roux à ciment dolomitique et se termine par des marnes gréseuses à intercalations de grès et de dolomies.

La présence de minces croûtes ferrugineuses à la surface de certains bancs dolomitiques peut traduire des périodes, plus ou moins, importantes de non-dépôt. L'épaisseur des intercalations dolomitiques et marno-gréseuses diminue du Sud vers le Nord, mais le faciès reste relativement constant tout au long des Monts d'Aïn M'lila.

c) Le terme III : Il est constitué d'une barre calcaire à Rudistes comportant à la base des calcaires fins à *Neotrocholina friburgensis*. Cette barre est surmontée par des calcaires marneux à Orbitolines.

d) Le terme IV : Ce terme est caractérisé par des calcaires très fins à Orbitolines et Miliolidés, gris-blancs, en un banc massif à la base et en bancs centimétriques au sommet. On rencontre vers le haut un ensemble nettement calcaire constitué de :

- Calcaires très fins, gris-blancs, à débit de nodules.
- Calcaires très fins, gris-blancs et massifs.
- Calcaires gris-blancs à Rudistes et Huîtres qui se terminent par une surface durcie.

Ces calcaires renferment une microfaune caractéristique de l'Aptien supérieur.

III-2-2 La série des Djebels Tolba et Nif Ennser :

Le faciès aptien des Djebels Tolba et Nif Ennser est analogue à celui du Djebel Anouda, avec une base plus marneuse et plus développée (Fig. 11). On observe de bas en haut :

- Un ensemble de dolomies noires azoïques affleurant dans la partie sud – est du Djebel Guerouaoua.
- Une alternance de calcaires à Dasycladales et de marnes vertes à brunes qui se termine par une barre de calcaires bioclastiques gris, dans laquelle on peut observer des *Palorbitolina lenticularis*, des débris d'Orbitolines et des lumachelles à Huîtres.
- Une barre de calcaires noirâtres fins, à Rudistes et à Gastéropodes, renfermant des algues (*Pianella dinarcia*), des foraminifères (*Débarina hahounerensis*) et des Miliolidés. Elle se termine par un ensemble de calcaires en plaquettes fins et bioclastiques.
- Des calcaires fins gris-blancs en bancs décimétriques à massifs à *Archaeoalveolina reicheli*.

La série du massif du Nif Ennser se termine avec un Aptien à influence gréseuse.

III-2-3 La série de Koudiat Gabel El Djemaa :

On rencontre, de bas en haut (fig. 12) :

- Un ensemble varié de dolomies, de calcaires dolomitiques et de calcaires à dasycladacées.

- Un ensemble de dolomies, de grès, de marnes gréseuses et de calcaires à *Palorbitolina lenticularis* et *Dictyoconus arabicus*.
- Des calcaires à Rudistes formant une petite corniche bien visible dans la topographie.
- Des calcaires gris fins à Orbitolines.

III-2-4 La série du Djebel Guelaat Ouled Sellem :

Cette série comporte, de bas en haut (fig. 13) :

- Des dolomies noires azoïques assez bien litées.
- Une alternance de micrites à Dasycladacées et de dolomies.
- Une alternance de dolomies, de grès, de calcaires à *Palorbitolina lenticularis* et *Dictyonus arabicus* et de marnes gréseuses.
- Une barre de calcaires à Rudistes.
- Des calcaires à algues (Dasycladales), à Orbitolines et à *Archaeoalveolina reicheli*.
Ce faciès se termine par une surface durcie.

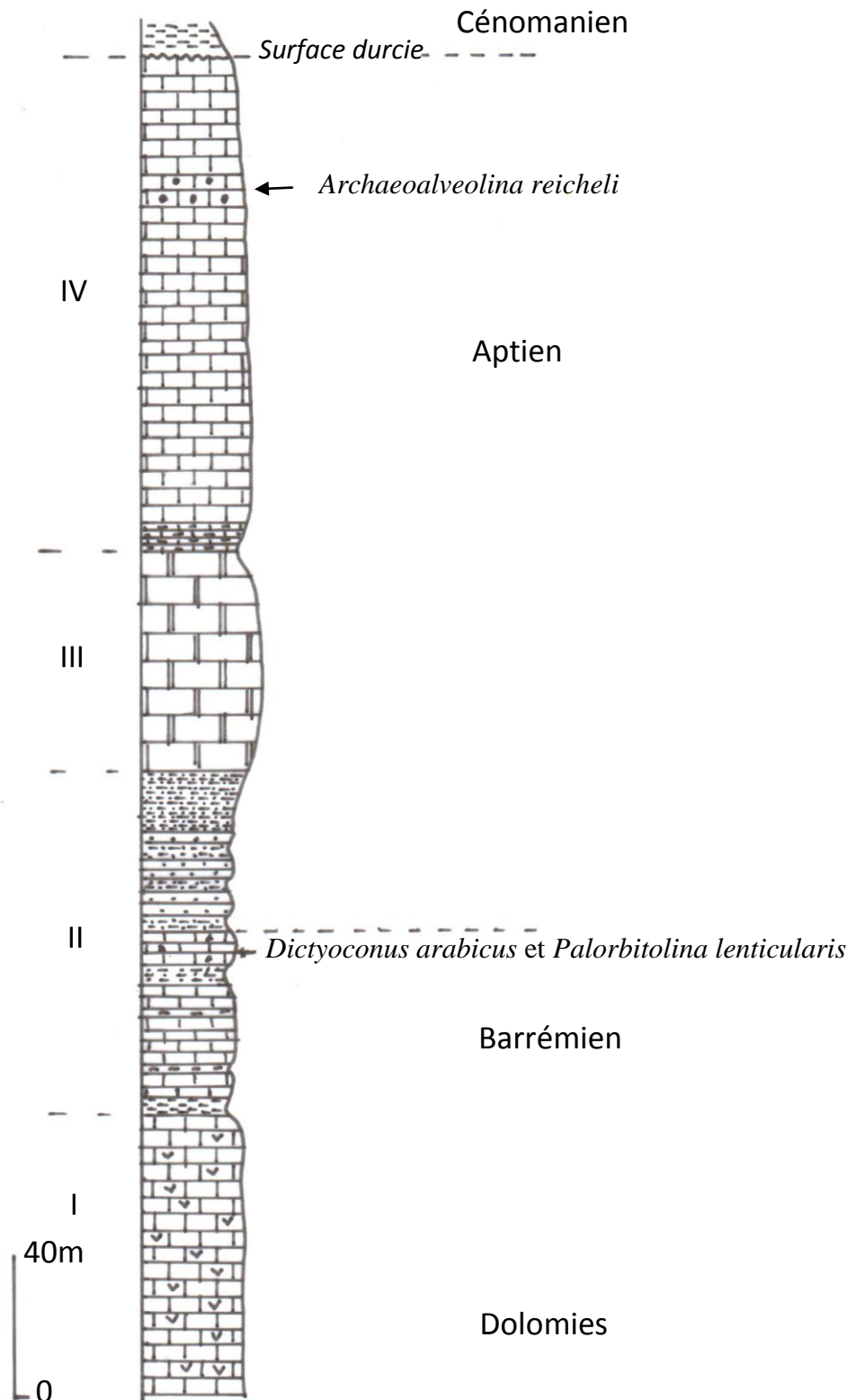


Fig. 10 : Log stratigraphique du djebel Anouda (M. Chadi, 1991)

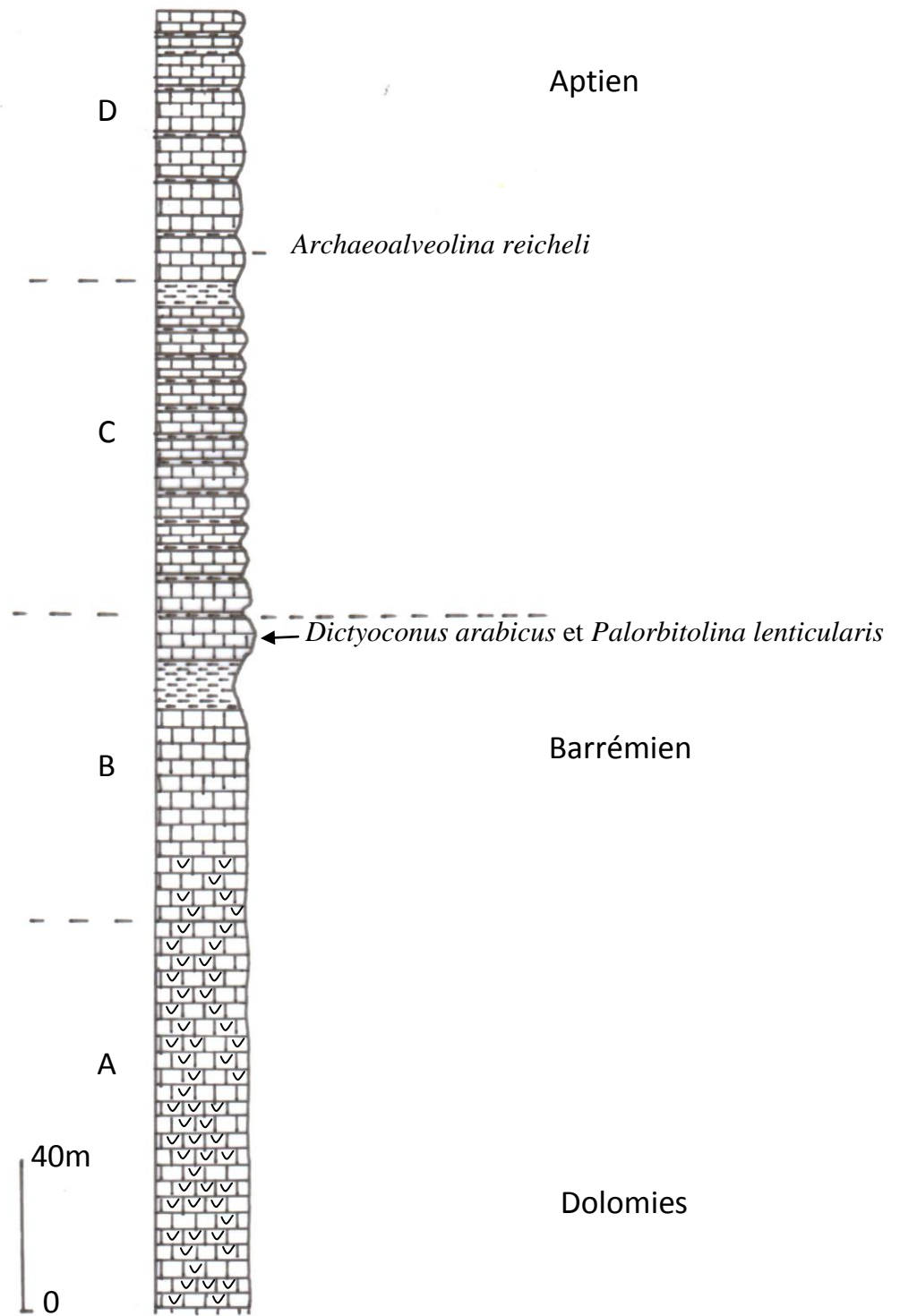


Fig. 11 : Log stratigraphique des djebels Tolba et Nif Enser (M. Chadi, 1991)

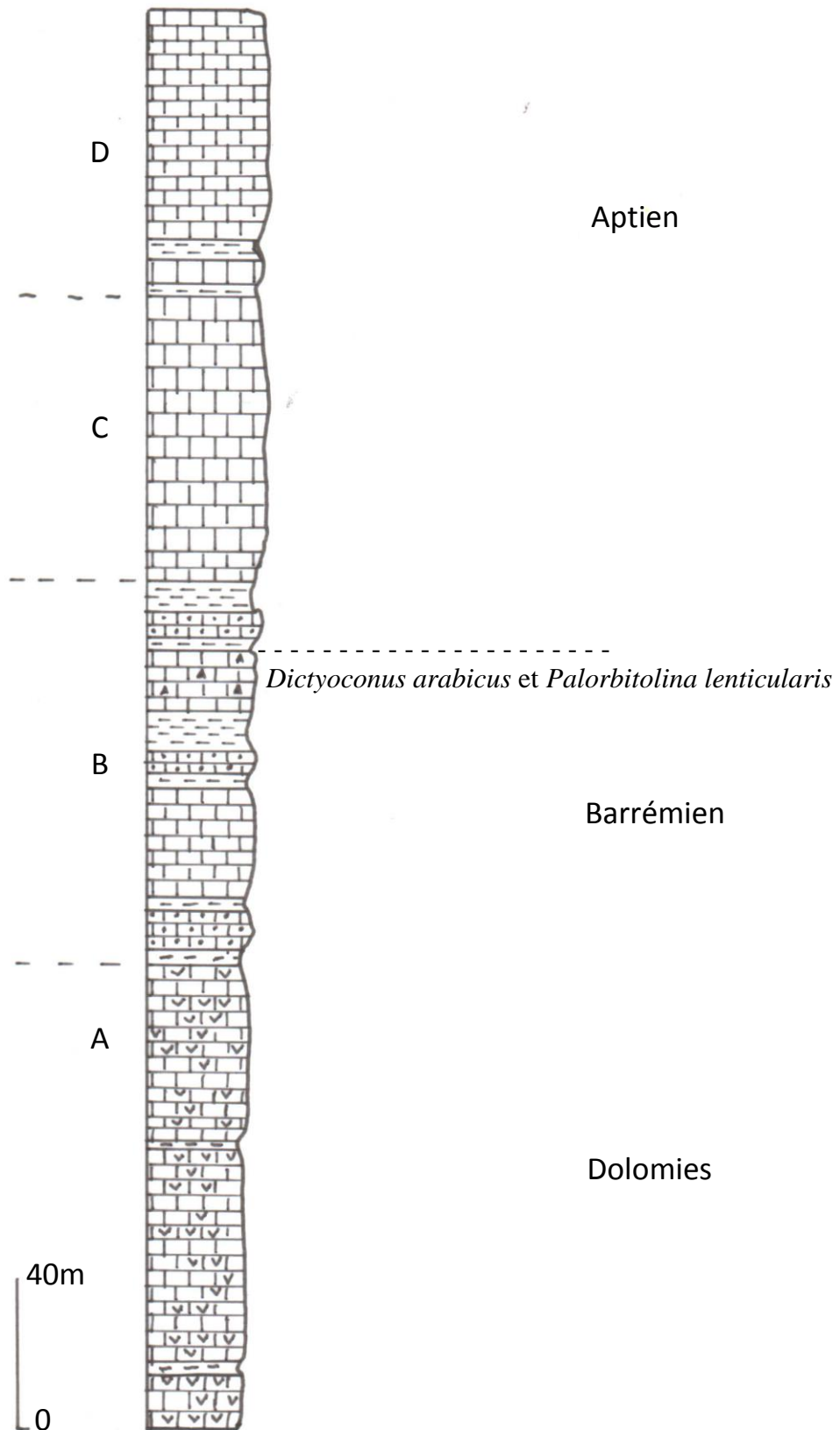


Fig. 12 : Log stratigraphique de Koudiat Gabel el Djemaa (M. Chadi, 1991)

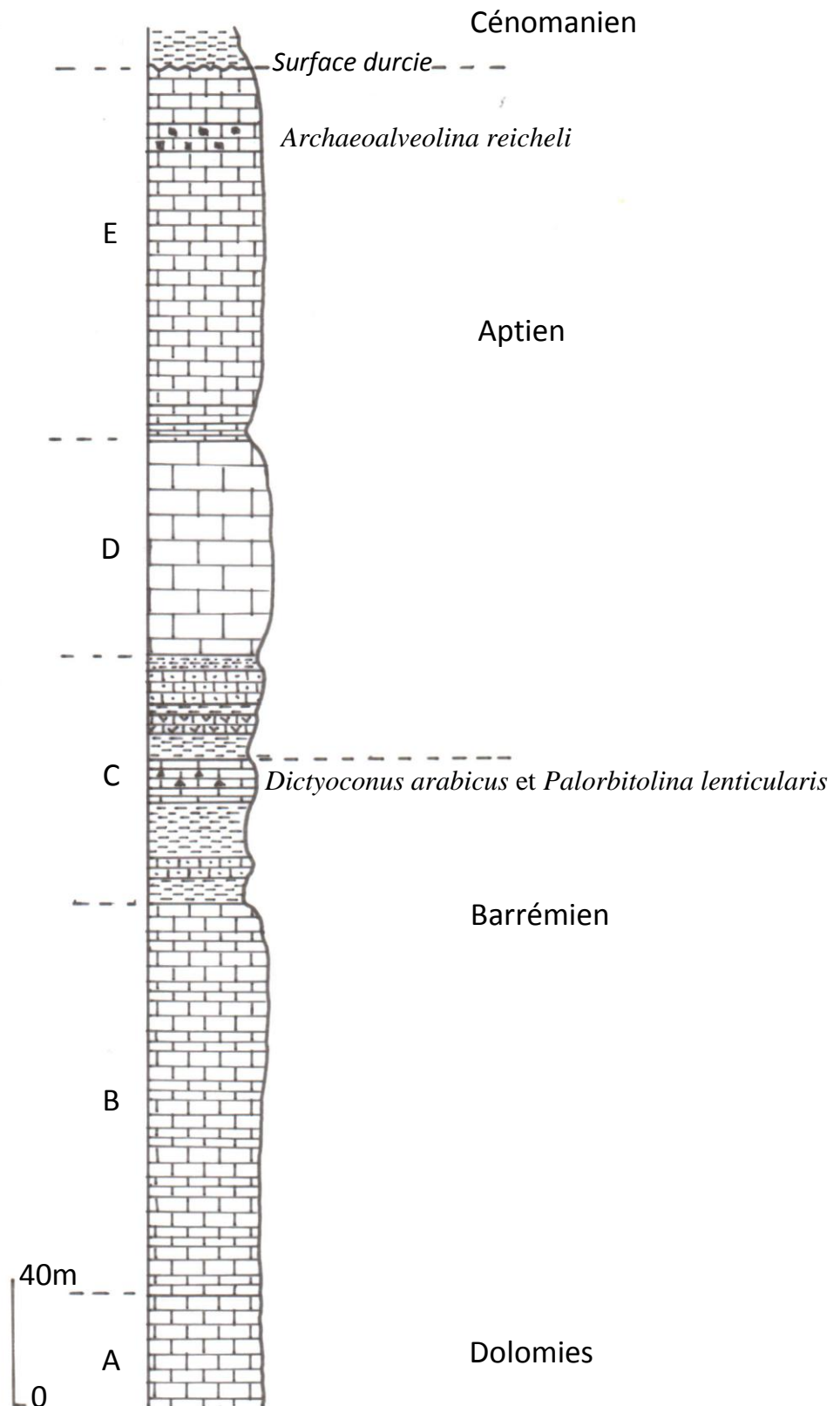


Fig. 13 : Log stratigraphique du djebel Guelaat Ouled Sellem (M. Chadi, 1991)

III-3- La surface durcie au toit du Crétacé inférieur :

Cette surface durcie est observée dans tous les massifs qui constituent les Mont d'Aïn M'lila. Elle est caractérisée par de nombreuses cavités partiellement ou complètement remplies par un sédiment constitué de micrite et de microcristaux de pyrite. Ces petites cavités, comblées de micrite, ont pris naissance suite à la dissolution de coquilles de rudistes quand elles se trouvent dans un environnement sédimentaire où l'aragonite est instable. Cette surface durcie traduit une émergence du môle néritique à la fin du Crétacé inférieur.

III-4- Le Crétacé moyen :

Afin d'éviter les difficultés posées par l'absence de limites lithologiques franches sur le terrain, Le Cénomaniens et le Turonien ont été groupés ensemble sous le nom du « Crétacé moyen » (Magné, 1983). Ce dernier repose sur l'Albo-Aptien par l'intermédiaire d'une surface durcie d'extension régionale.

Le crétacé moyen est caractérisé par des dépôts marneux pélagiques, ce qui mène à constater un changement radical de la sédimentation qui devient pélagique au Crétacé moyen après qu'elle ait été néritique au Crétacé inférieur.

Les endroits où le Crétacé moyen a été identifié sont :

III-4-1- La vallée entre Djebel Anouda et le Djebel Nif Ennser :

On y rencontre, essentiellement, des marnes jaunes comportant de minces bancs de calcaires grisâtres. Ces marnes renferment une microfaune caractéristique du Crétacé moyen.

III-4-2- La vallée entre Djebel Tolba et Djebel Guelaat Ouled Hadj :

On y trouve des calcaires noduleux à ammonites et oursins qui reposent, par l'intermédiaire d'une surface durcie, sur des calcaires albo-Aptiens à *Ovalveolina reicheli* et à *Aghardiellopsis cretacea*. Ces calcaires noduleux sont surmontés par des marnes jaunes à microfaune indiquant le Crétacé moyen (Fig. 14).

III-4-3- Au Djebel Guelaat Ouled Sellem :

Les marnes jaunes du Crétacé moyen affleurent sur l'extrémité Est du versant du Djebel Guelaat Ouled Sellem.

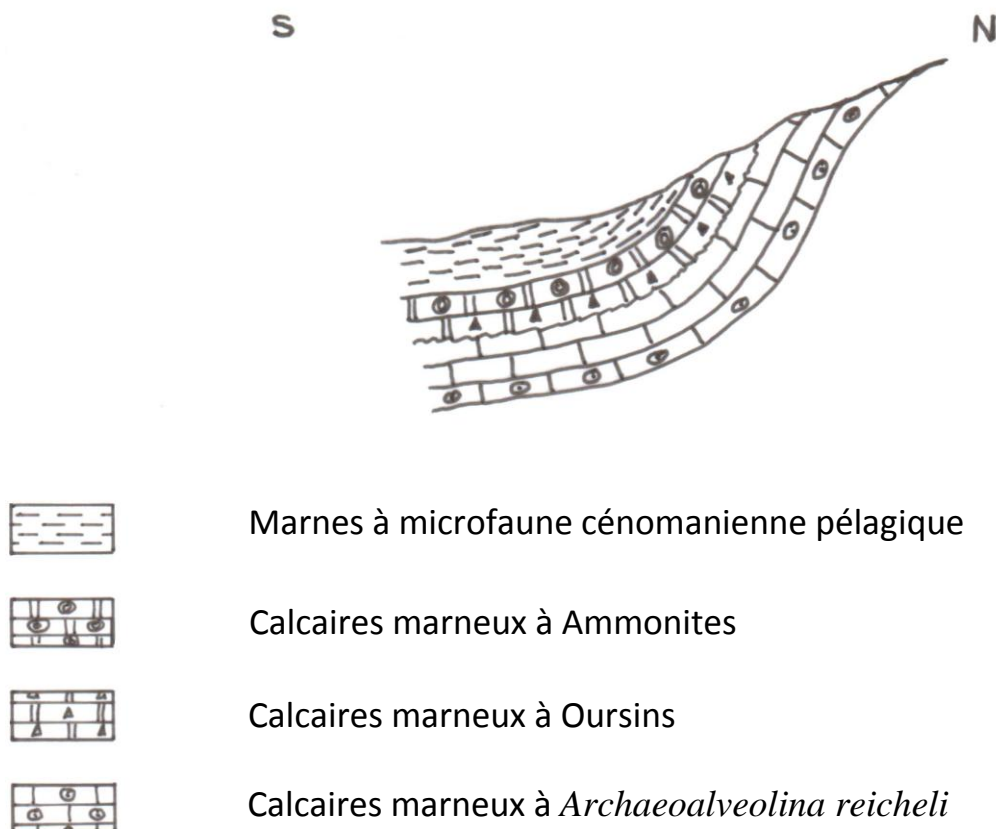


Fig. 14 : Coupe géologique schématique montrant le passage Aptien-Cénomanien dans la vallée des djebels Tolba et Guelaat Ouled Hadj (M. Chadi, 1991)

III-5- Le Crétacé supérieur, le Paléocène et l'Eocène :

Comme le Cénomaniens et le Turonien ont été groupés ensemble sous le nom de « Crétacé moyen », Ils ne seront pas abordés dans la lithostratigraphie concernant le Crétacé supérieur.

III-5-1- Le Sénonien :

De bas en haut, et sur les marnes jaunes du Crétacé moyen on observe (fig. 15) :

- Des marnes jaunes à Huîtres renfermant une faune qui indique le Campanien inférieur, telles que les *Globotrucana elevata* et *Rotalia algeriana*, ainsi que les Inocérames de l'espèce *Inoceramus algerianus*.
- Une alternance de marnes et de calcaires marneux renfermant de très nombreux foraminifères benthiques.

III-5-2- Le Paléocène :

Il est caractérisé par des marnes noires à intercalations phosphatées et glauconieuses.

III-5-3- L'Eocène :

Il est marqué par la présence de calcaires phosphatés à silex fournissant une abondante microfaune qui indique l'Eocène inférieur et moyen.

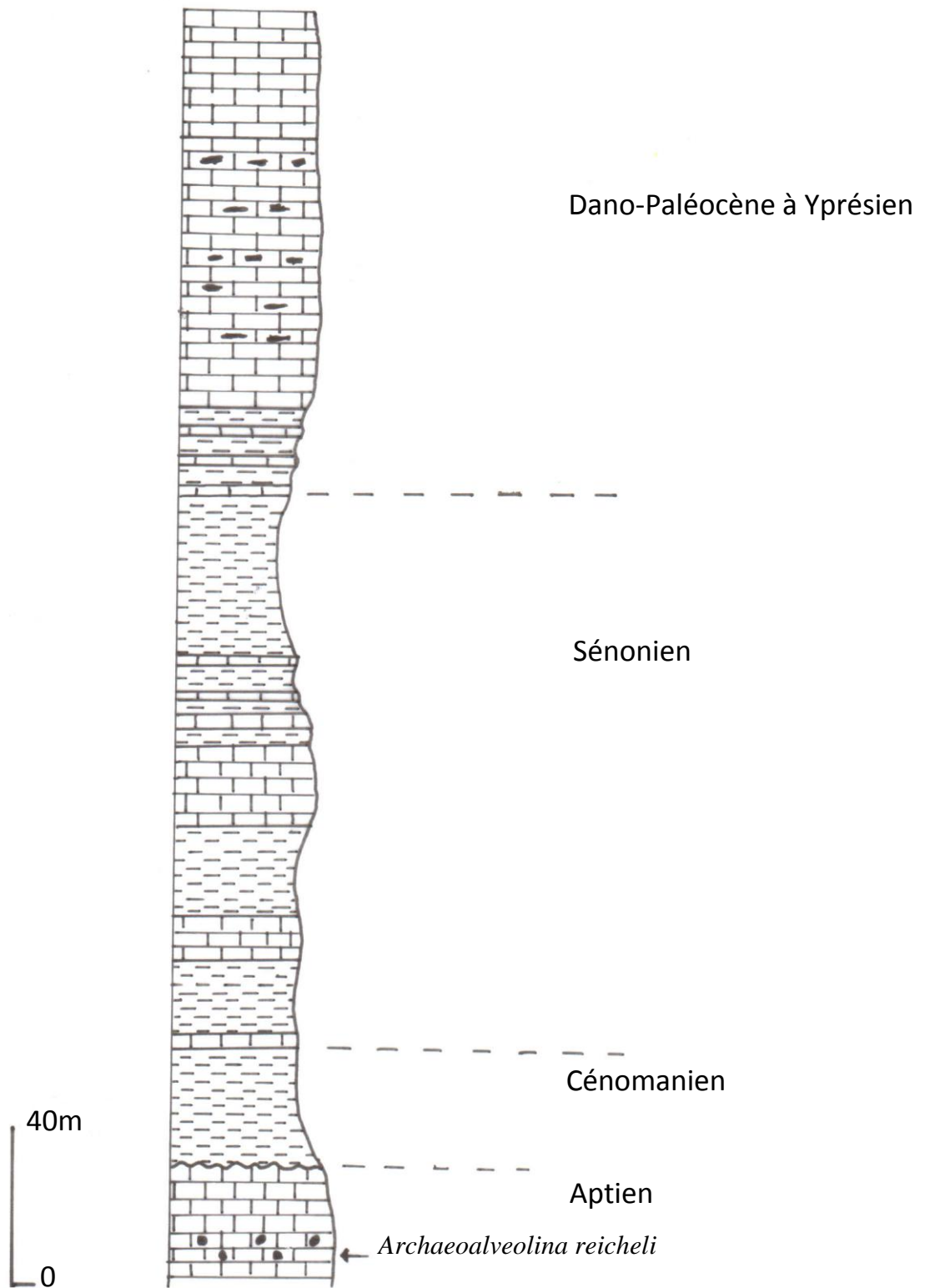
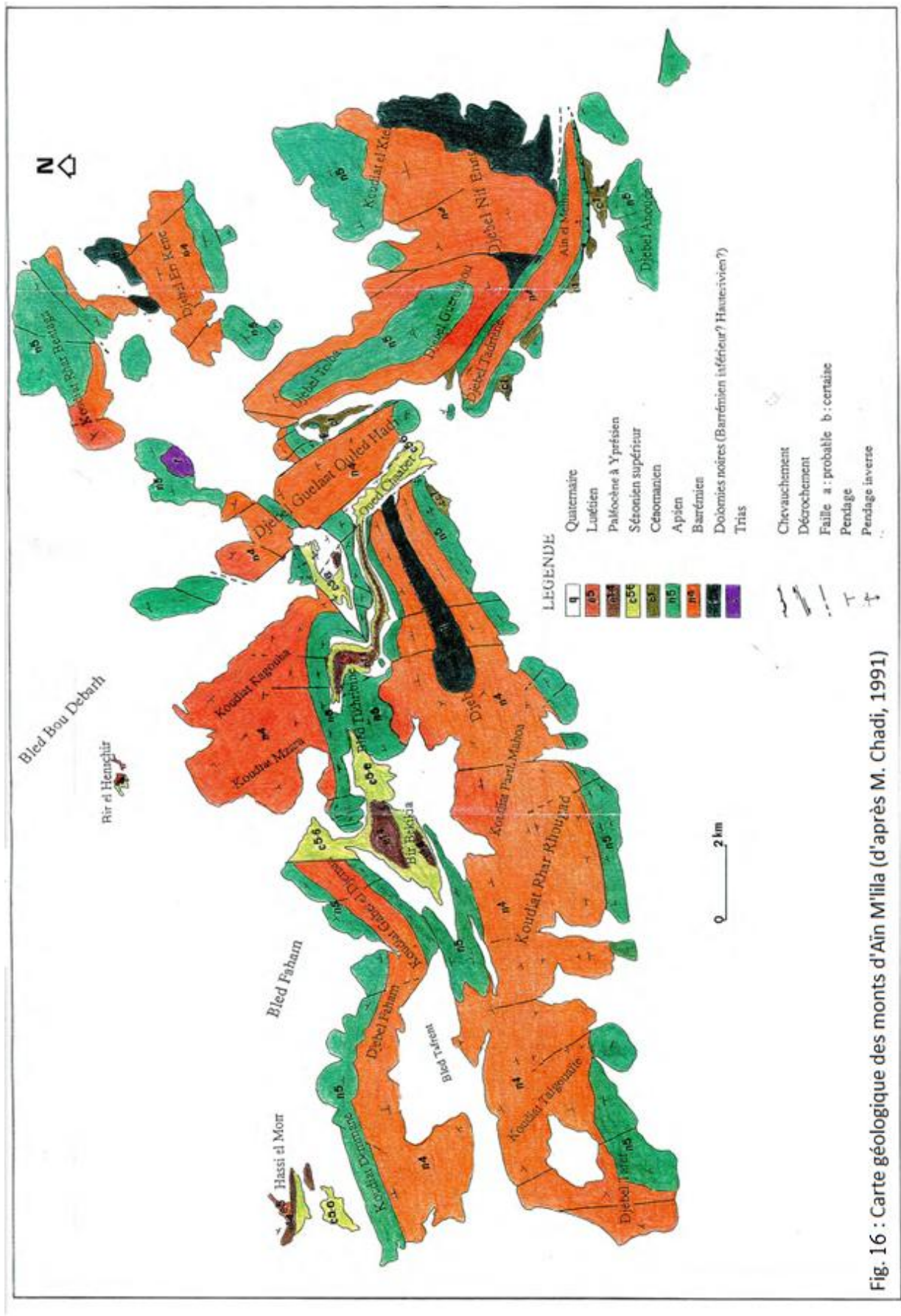


Fig. 15 : Log stratigraphique du Crétacé supérieur, le Paléocène et l'Eocène (M. Chadi, 1991)



III-6- Paléogéographie des Mont d'Aïn M'lila :

L'observation lithostratigraphique des monts d'Aïn M'lila a permis de dégager les grandes lignes de leur paléogéographie.

L'amincissement progressif vers le nord des influences marno-gréseuses qui affleurent au sud des monts d'Aïn M'lila est peut être lié à l'éloignement de la source des apports ou bien à une subsidence d'une échelle locale, ou l'un et l'autre.

A la fin du Barrémien, marquée dans la série stratigraphique par des dissolutions, se produit un premier exhaussement de la partie sud des monts d'Aïn M'lila. Cet exhaussement est lié à la régression générale des monts de Constantine.

L'Aptien inférieur indique une régression marine, alors que l'Aptien supérieur marque une légère transgression marine à son début et une régression à sa fin. Cette régression est marquée dans la série stratigraphique par l'apparition d'une surface durcie d'extension régionale.

Un changement radical de la sédimentation a eu lieu au Crétacé moyen (Cénomaniens et Turoniens). Des marnes pélagiques cénomano-turonniennes viennent succéder à des calcaires néritiques albo-aptiens. Cet événement paléogéographique a été interprété par J. C. Lahondère et J. Magné (1983) comme étant un bouleversement de sédimentation dû à un affaissement du môle néritique constantinois.

III-7- Tectonique des monts d'Aïn M'lila :

Le style structural des monts d'Aïn M'lila se caractérise par une succession de plis d'orientation NE – SW et E – W par endroits. Ces plis sont affectés par de nombreux accidents cassants dont les décrochements dextres de direction NW – SE sont les plus nombreux (Fig. 17).

L'étude géologique des Mont d'Aïn M'lila a permis de mettre en évidence différentes phases de déformation ayant affecté la région.

III-7-1- La phase Crétacé supérieur :

Dans notre région d'étude, l'épisode tectonique du Crétacé supérieur le plus important se situe à la limite Albien-Cénomaniens. Cette limite est marquée par un changement radical de la sédimentation qui passe des calcaires néritiques albo-aptiens aux marnes pélagiques cénomaniennes. Ce brutal changement de sédimentation, qui a engendré une profonde modification de la paléogéographie de la région, est à relier à un événement tectonique qui s'est traduit par une surface durcie, d'extension régionale, visible dans tous les massifs de la région.

III-7-2- La phase Eocène :

Au crétacé supérieur, l'analyse stratigraphique a mis en évidence deux phases tectoniques qui ont structuré la région d'Aïn M'lila : La phase atlasique et la phase alpine.

La phase tectonique la plus importante qui a affecté notre région d'étude à l'Eocène est la phase atlasique, qui a eu lieu à la fin du Lutétien. Cette dernière a plissé l'ensemble des terrains mésozoïques et tertiaires pour former une série d'anticlinaux et de synclinaux à une direction NW – SE et a engendré des structures orientées N45°E à N60°E. Elle a été suivie d'une importante érosion enlevant, ainsi, aux massifs calcaires leur couverture marneuse crétacé supérieur – tertiaire. Cette couverture marneuse n'a été conservée que dans les zones synclinales. Les structures engendrées par la phase atlasique ont été reprises par la phase alpine en donnant naissance à des structures à axe N90°E.

III-7-3- La phase Miocène :

Dans notre région d'étude, Cette phase miocène à caractère compressif nord-sud a engendré des chevauchements locaux. A noter que les terrains miocènes ne sont rencontrés que dans les massifs Ouest. Ceci indique que la mer miocène n'a pas atteint la zone orientale des monts d'Aïn M'lila.

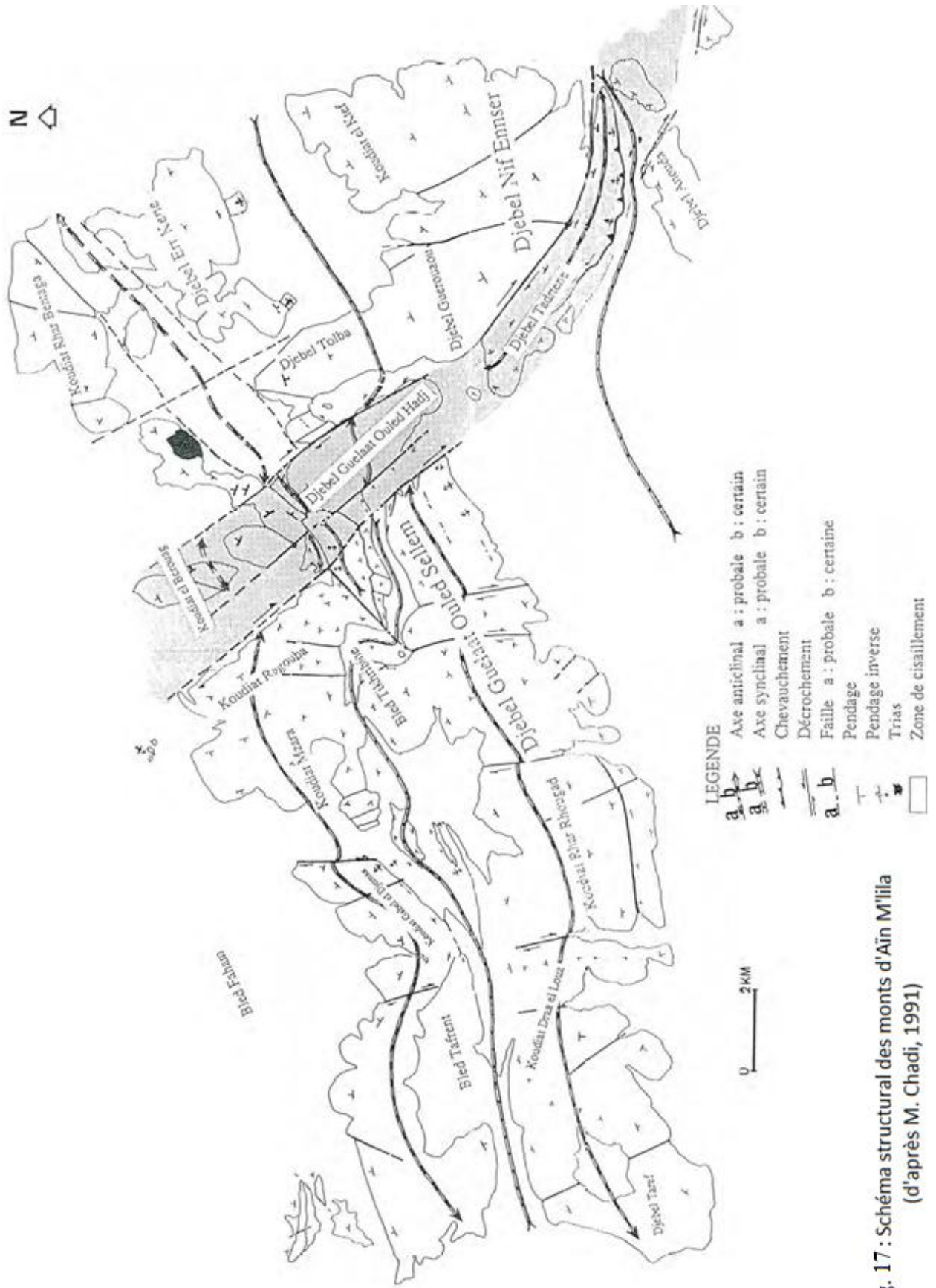
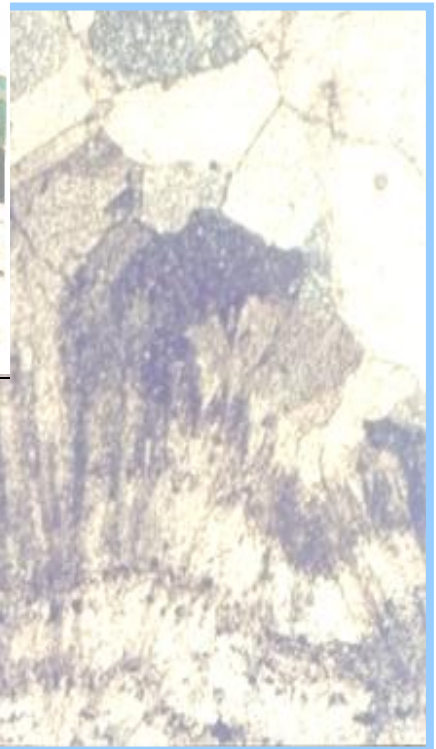


Fig. 17 : Schéma structural des monts d'Aïn M'illa (d'après M. Chadi, 1991)

CHAPITRE IV

GEOLOGIE DU DJ. TEIOUALT



IV-1- Cas du djebel Teioualt :

Le djebel Teioualt fait partie des monts d'Aïn M'lila. Il est situé à une quarantaine de km au Sud – Ouest de Constantine, plus près de la localité de Téléghma que celle d'Aïn M'lila (Fig. 57). Il est localisé à une longitude de $6^{\circ}40'$ et une latitude de $36^{\circ}06'$. C'est un massif isolé, allongé Est – Ouest, dont le couvert végétal est pratiquement absent, ce qui rend favorable les conditions d'observations géologiques.

Les cours d'eau du djebel Teioualt ne sont pas larges et ne forment pas de terrasses. Ils entaillent faiblement le relief et sont généralement secs. On y voit apparaître de l'eau seulement pendant la période des pluies.

Le Djebel Teioualt est un massif qui culmine à 1285m. Il est constitué de roches carbonatées crétacées, surmontées d'une couverture marno-calcaire et conglomératique d'âge Crétacé et post – Crétacé (Fig. 18).

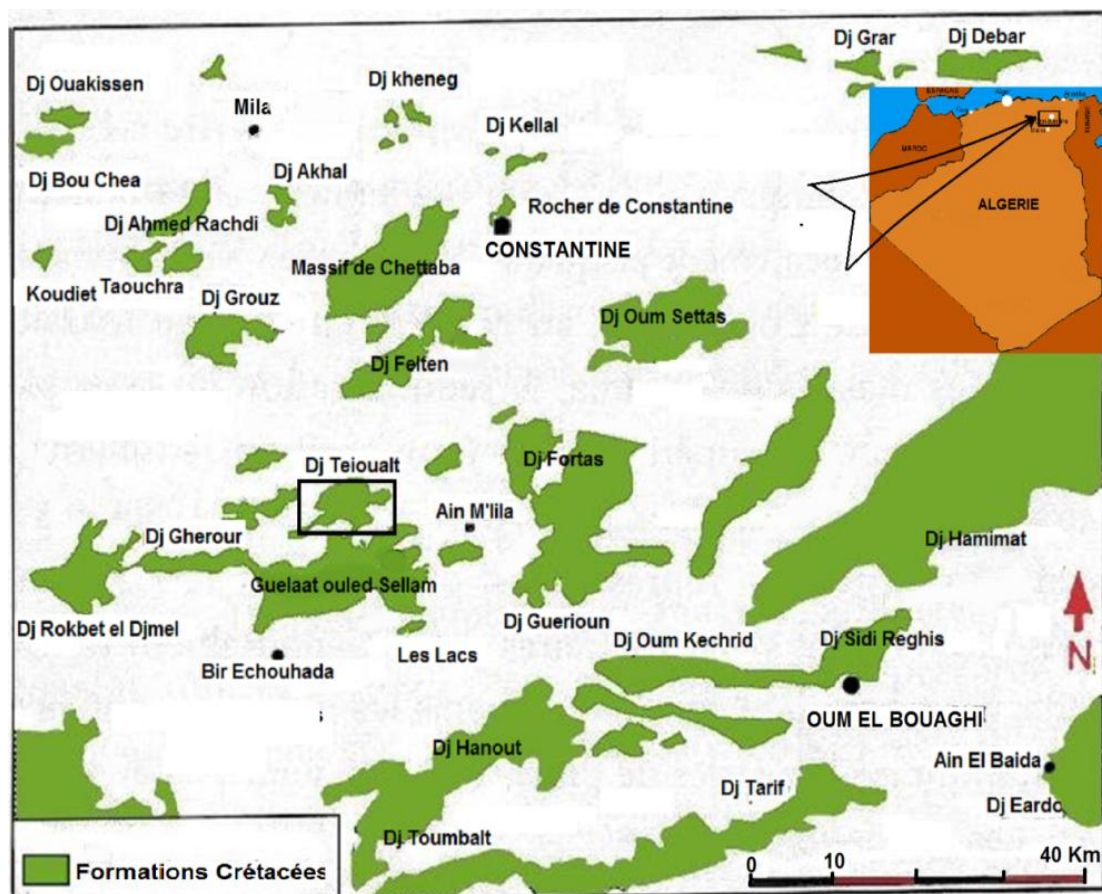


Fig. 18 : Carte des formations du nérétique constantinois avec position du massif de Teioualt (J. M. Vila, 1978)

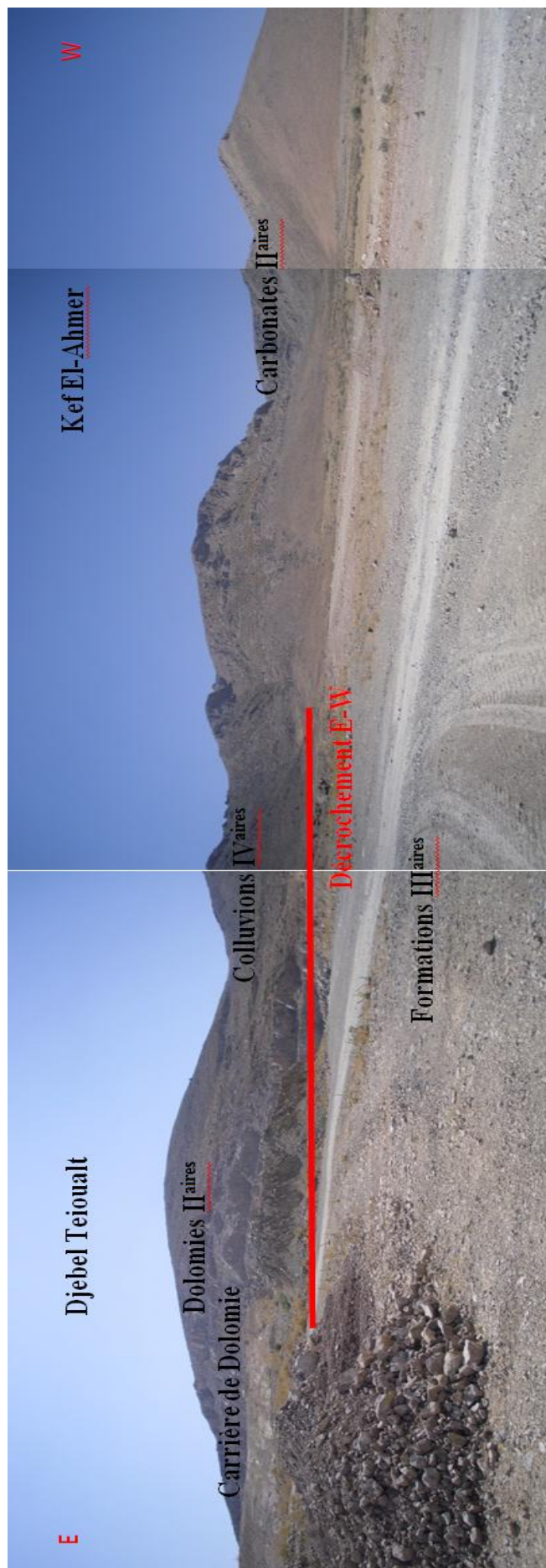


Fig. 19 : Vue panoramique de la région d'étude

IV-2- La lithostratigraphie du djebel Teioualt :

La lithostratigraphie du massif de Teioualt a été définie, d'après l'étude géologique de la feuille au 1/50000 d'Aïn M'lila, par Christian Benjamin Bär en 1957 (Fig. 20). On en distingue de bas en haut (Fig. 25) :

IV-2-1- Le Valanginien :

Le long du versant nord de djebel Teioualt (au niveau de la carrière ainsi qu'à Kef El Ahmar) affleurent les terrains les plus anciens qui sont attribués au Valanginien. Il s'agit d'une puissante série de dolomies, d'une couleur à prédominance grise à noirâtre, irrégulièrement cavernueuses, d'une épaisseur d'environ 700m.

IV-2-2- L'Hauterivien :

Les dolomies valanginiennes sont recouvertes par des calcaires fins et des dolomies interstratifiés attribués à l'Hauterivien. Les calcaires sont gris-foncés, bien lités, parfois dolomités, formant des bancs avec une épaisseur de 20 à 25m. Les dolomies sont grises, grossièrement litées, elles comprennent souvent des intercalations de calcaires dolomités. L'épaisseur totale des formations hauteriviennes est d'environ 200m.

IV-2-3- Le Barrémien :

Les dépôts hauteriviens sont surmontés d'une puissante série de calcaires massifs d'âge Barrémien d'une épaisseur d'environ 420m. Cette série comporte, dans son détail, de bas en haut.

- Un dépôt de calcaires lités et massifs d'une épaisseur de 130m.
- Un niveau marneux à lamellibranches d'une épaisseur de 45 à 50m.
- Des calcaires fins à algues alternant avec des calcaires oolithiques et des calcaires à débris de rudistes et polypiers d'une épaisseur de 240m.

IV-2-4- L'Aptien :

Les dépôts du Barrémien sont recouverts par des formations aptiennes qui ont une large extension dans la partie centrale du massif de Teioualt. Ces dépôts aptiens sont constitués de calcaires micritiques riches en miliolites, orbitolines et en débris de natures variées, avec des intercalations de marnes et de grès. L'épaisseur des dépôts de l'Aptien est d'environ 100m.

IV-2-5- L'Albien :

La série du Crétacé inférieur s'achève par des dépôts albiens, rencontrés sur les versants sud du djebel Teioualt. Ils sont représentés par des calcaires, souvent gréseux, d'une épaisseur d'environ 100m.

IV-2-6- Le Cénomaniens :

Les dépôts du Crétacé supérieur reposent, avec une discordance angulaire, sur ceux du Crétacé inférieur. La faune que renferment ces dépôts indique que ce sont des formations d'âge Cénomaniens. Le Cénomaniens affleure, surtout, au pied du versant sud du djebel Teioualt. Il est caractérisé par des calcaires récifaux blancs et une série de marnes et de calcaires organogènes interstratifiés. L'épaisseur des formations cénomaniennes est d'environ 40m.

IV-2-7- Le Sénonien :

Les formations sénoniennes sont, essentiellement, développées au sud du djebel Teioualt, d'une épaisseur ne dépassant pas les 100m. Ils sont constitués de marnes jaunes intercalées de calcaires jaunâtres et de grès.

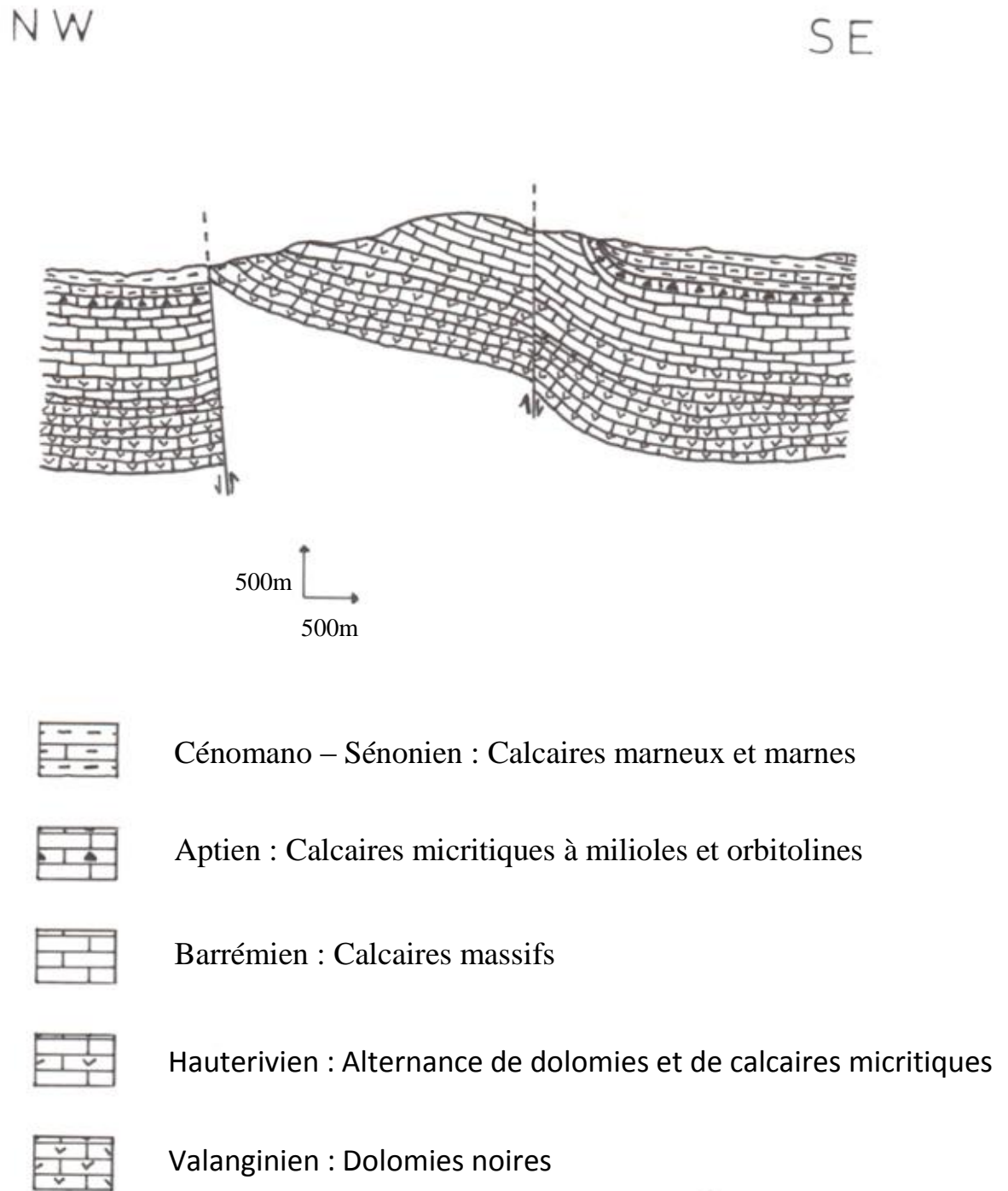


Fig. 21 : Coupe géologique du djebel Teioualt

IV-2-8- L'Eocène :

Les dépôts éocènes ont une extension limitée dans la région du djebel Teioualt. Ils affleurent en de petites surfaces et sont principalement constitués de marnes et de calcaires marno-siliceux à nummulites.

IV-2-9- L'Oligocène :

Les formations oligocènes ont, également, une extension limitées. On les rencontre au Nord du djebel Teioualt. Elles sont constituées de grès quartzeux numidien avec des intercalations de marnes azoïques.

IV-2-10- Le Pliocène :

Les dépôts pliocènes sont les plus répandus dans la région du djebel Teioualt. Ces dépôts sont constitués de marnes et de conglomérats.

IV-2-11- Le Quaternaire :

Le Quaternaire est représenté par des formations torrentielles et éluviales à gros éléments sur les versants du massif, ainsi que des colluvions, constituées de sables, galets et de limons (Fig. 22).



Fig. 22 : Colluvions, couverture IV^{aire} des formations carbonatées du Crétacé

IV-3- La tectonique du djebel Teioualt :

Le massif de Teioualt est un monoclinal, allongé Est – Ouest, à structure géologique simple où les couches affleurantes, dolomitiques à la base, ont un pendage sud variant de 25° (flanc nord) à 50° (flanc sud).

L'ensemble du massif est affecté par une tectonique cassante. Il est limité à l'Est et à l'Ouest par deux importants décrochements dextres de direction Nord Ouest – Sud Est (Fig. 28). A l'Ouest le décrochement a une direction N130 avec un pendage de 85W et un pitch de 25NE. A l'Est le décrochement est de direction N135 avec un pendage de 70W et un pitch de 20NW. Au nord, le massif de Teioualt est limité par une faille inverse de direction Est – Ouest qui met en contact les assises carbonatées crétacées avec les formations marneuses tertiaires (Fig. 24).

Le réseau de fractures affectant ce massif est dominé par des failles qui ont joué, localement, en décrochement. Ce réseau de failles comprend essentiellement des failles de direction Nord – Sud à Nord Ouest – Sud Est (Fig. 23). Ces failles sont responsables de la variation des dolomies entre rougeâtres, blanchâtres et grises à noirâtres (Fig. 24) et développent le plus souvent des structures de Riedel (Fig. 26 et 27). La partie sud du djebel Teioualt est partiellement recouverte par des formations récentes au contact d'une faille masquée orientée Est – Ouest.

IV-4- L'Hydrogéologie :

Les eaux souterraines du massif de Teioualt se présentent essentiellement en nappes de fissures dont l'alimentation dépend des précipitations atmosphériques. La décharge de la nappe aquifère s'effectue vers le sud, en suivant la pente des terrains crétacés et, en partie, dans les dépôts cénozoïques.

La zone d'aération de djebel Teioualt est représentée par des roches carbonatées cavernueuses à différents degrés de fissuration. Il existe des zones de fracturation élevée entre les couches, et les roches présentent une bonne perméabilité.

Malgré le fait que la saturation en eau de nappe est faible en raison des précipitations peu importantes et de leur irrégularité pendant l'année, la profondeur considérable de la nappe d'eau souterraine, ainsi que la perméabilité satisfaisante des roches de la zone d'aération favorisent la prédominance de l'infiltration sur l'évaporation et créent des conditions favorables pour l'alimentation des nappes aquifères.

Les analyses chimiques des eaux souterraines du massif de Teioualt ont démontré que l'eau est douce avec une minéralisation hydrocarbonatée, calcique et magnésienne allant de 0,36 à 0,6 gr/l, donc tout à fait potable (Sonarem, 1977).

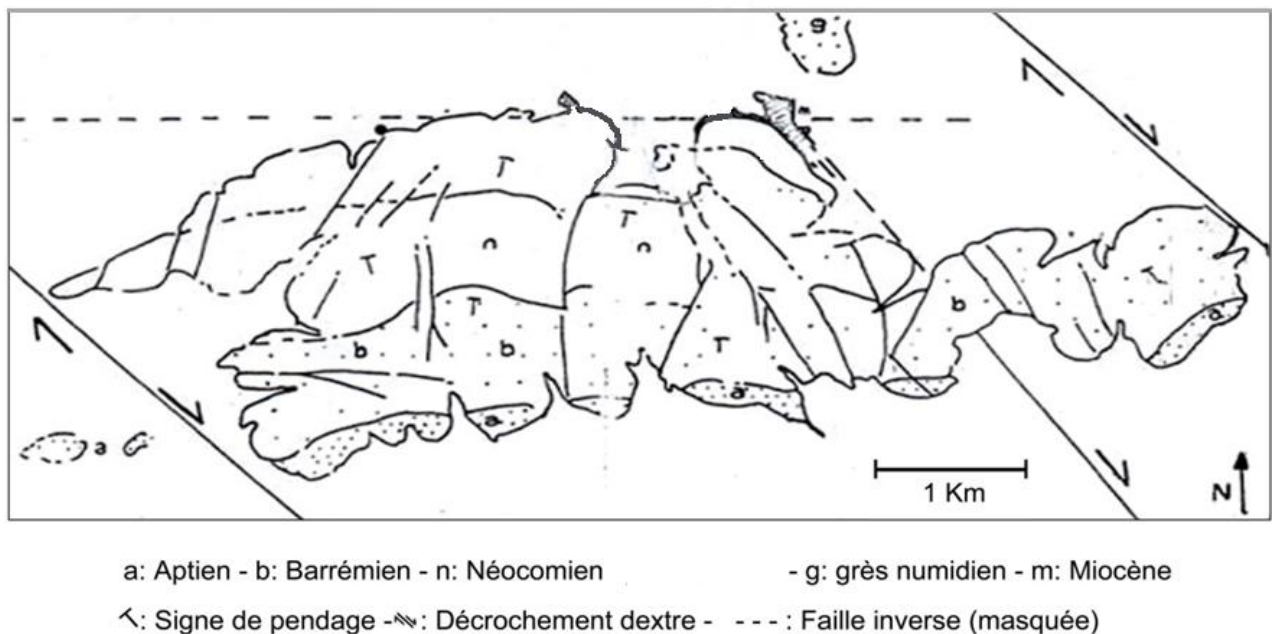


Fig. 23 : Esquisse structurale du massif de Teioualt
 (R. Schroeder et al. 1975)

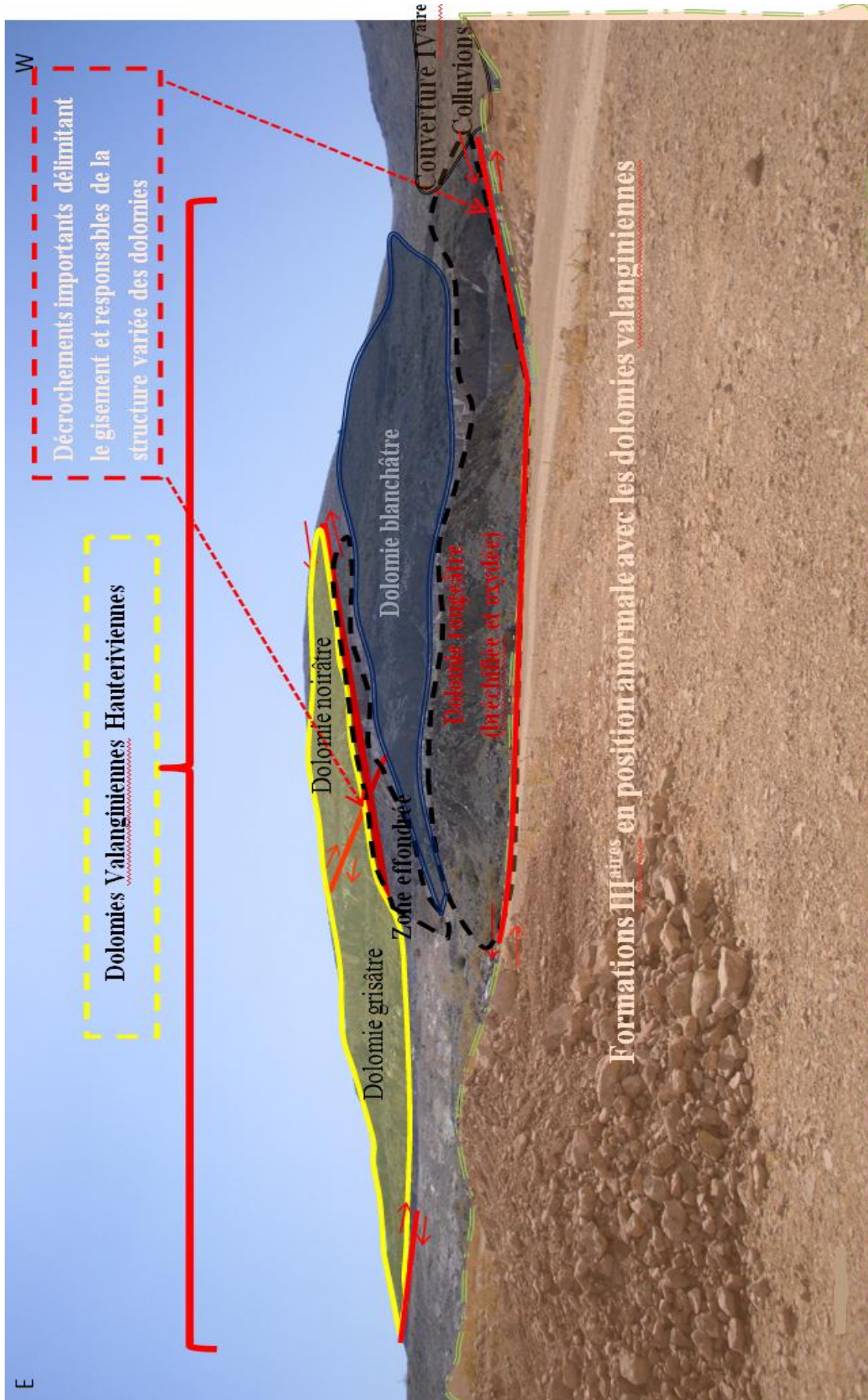


Fig. 24 : Les différents types de dolomies du djebel Teioualt et le contact anormal entre les dolomies valanginiennes et les marnes tertiaires

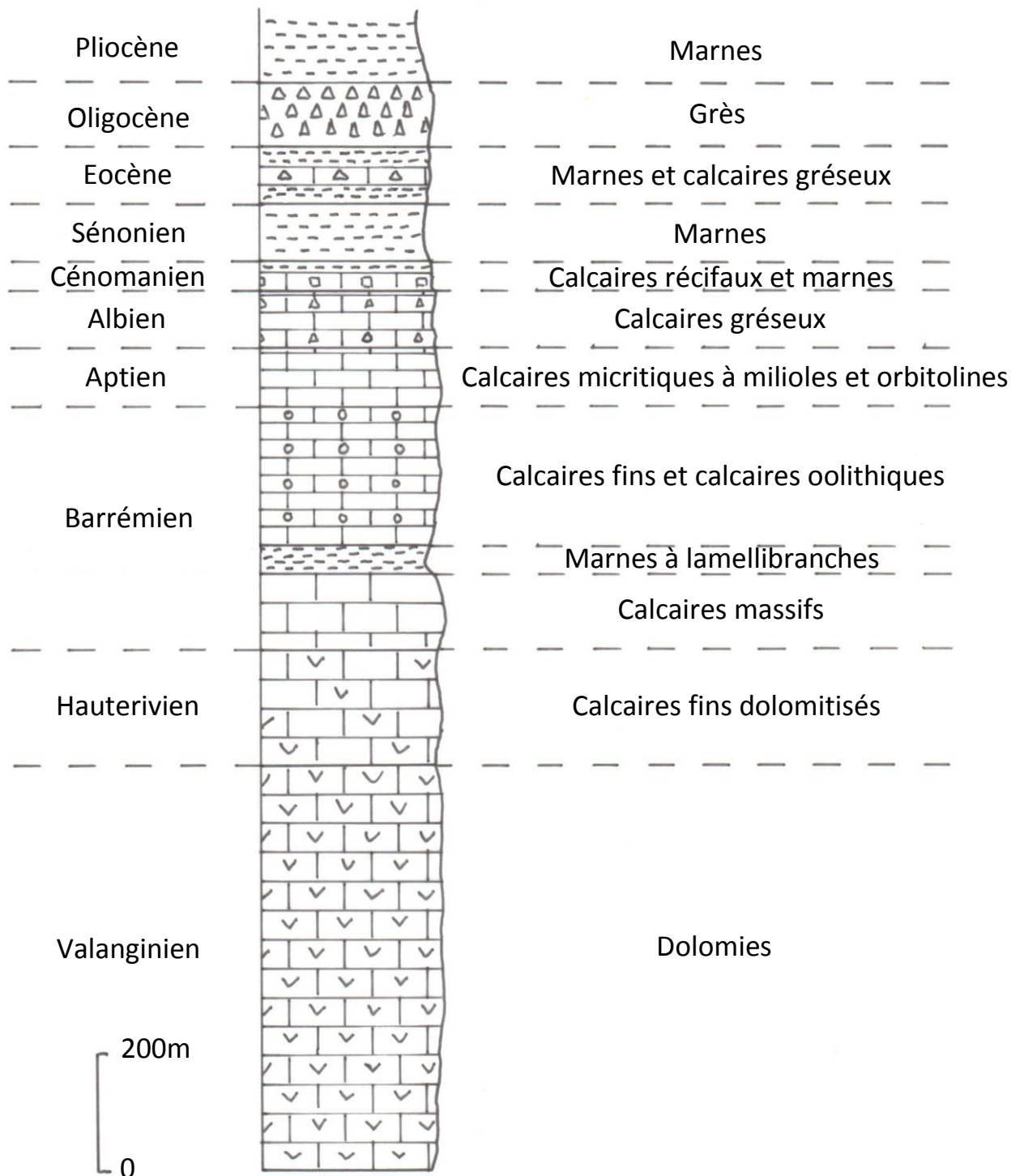
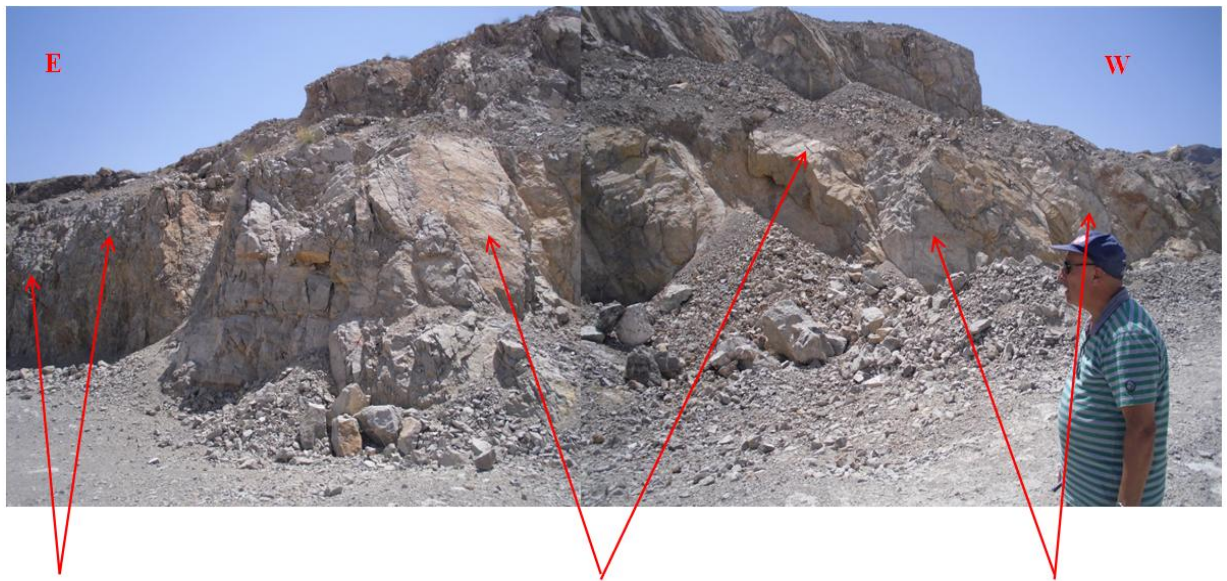


Fig. 25 : Log stratigraphique du djebel Teioualt



Dolomie sombre (grisâtre à noirâtre)

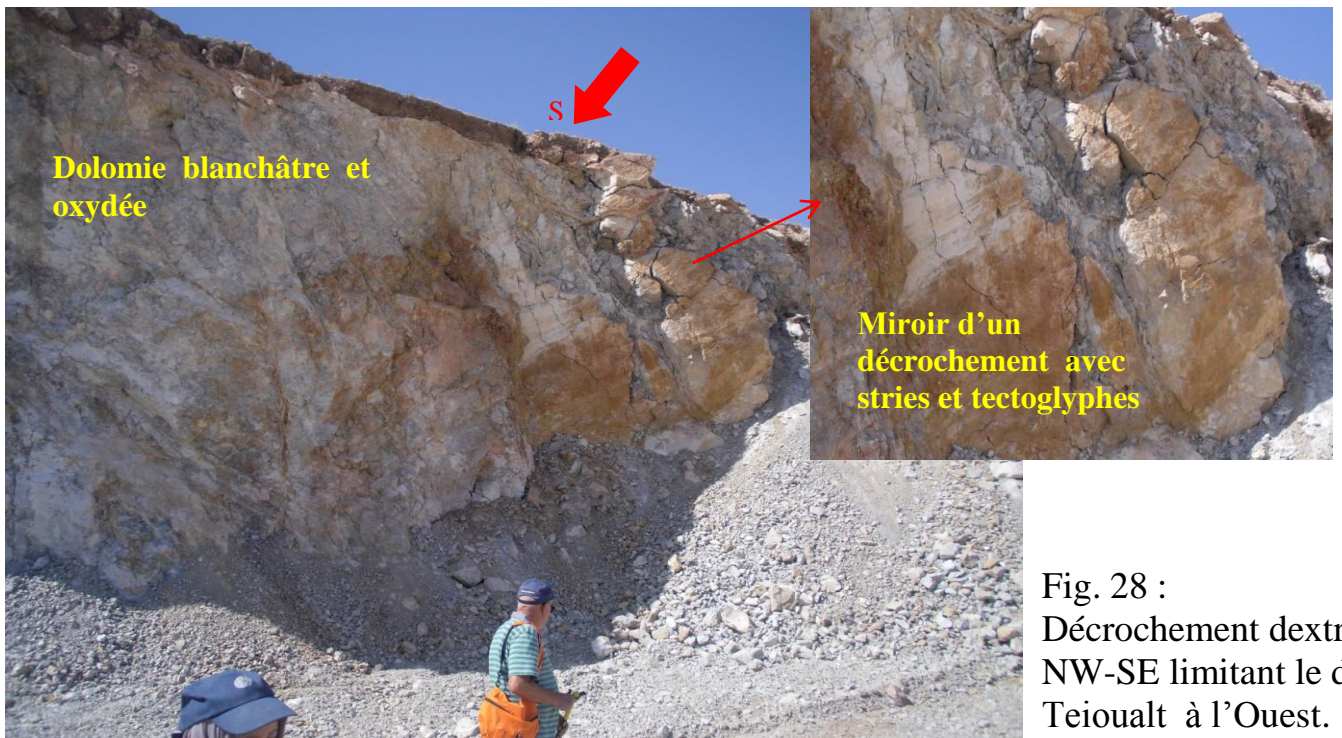
Miroirs de grands décrochements conjugués

Dolomie claire (blanchâtre)

Fig. 26 : Importants accidents, en système de Riedel, séparant deux types de dolomies

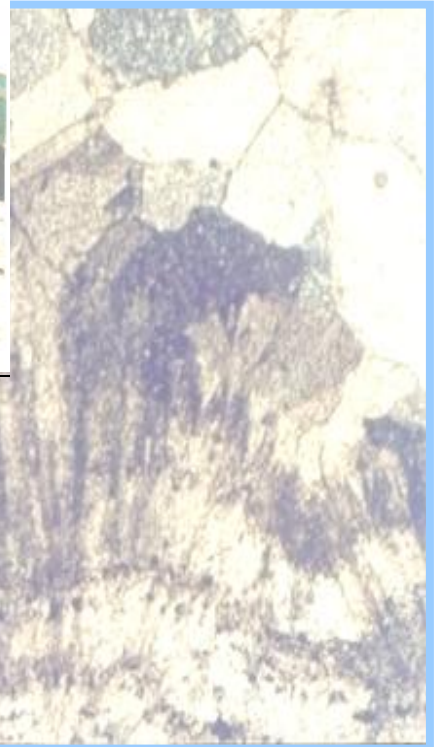
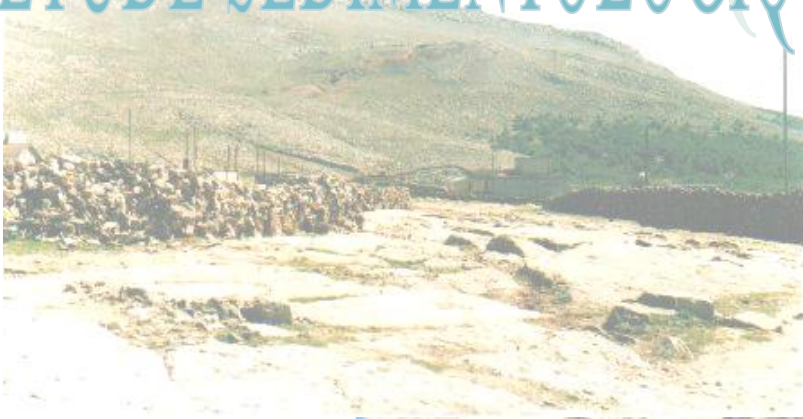


Fig. 27 : Miroirs des décrochements en système de Riedel



CHAPITRE V

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE



V-1- Introduction :

Une connaissance plus détaillée des types de roches caractérisant les massifs d'Aïn M'lila est d'une grande importance pour la compréhension du milieu de leur formation. Elle donne une idée sur la genèse des dolomies, surtout celles du Valanginien, considérées comme étant un important gisement d'exploitation. Pour cela, l'étude sédimentologique a été réalisée en plusieurs étapes, qui sont :

V-1-1- Travaux de terrain :

Pour l'étude sédimentologique, une coupe géologique, qui passe sur les principaux facies du massif du Teioualt, a été réalisée, ainsi qu'une description macroscopique permettant la réalisation du log stratigraphique du djebel Teioualt (Fig. 21 et 24).

L'échantillonnage a été effectué tout au long du profil de la coupe géologique, ainsi qu'au niveau des faciès mis à jour par les travaux d'exploitation de la carrière (Fig. 58).

V-1-2- Travaux de laboratoire :

Les travaux de laboratoire ont consisté en la confection des lames minces à partir des échantillons prélevés, notamment des bancs carbonatés, ainsi qu'à la définition des différents constituants de la roche tel que :

- ✓ La nature, la fréquence, la forme et la taille des particules.
- ✓ La phase de liaison (Matrice et ciment).
- ✓ La texture de la roche.
- ✓ La nomenclature des microfaciès afin de définir leurs milieux de dépôt.

Notre analyse sédimentologique sera basée essentiellement sur les entités carbonatées, afin de mieux comprendre la genèse des dolomies.

V-2- Nomenclature utilisée pour les roches carbonatées :

La nomenclature utilisée pour les roches carbonatées repose, généralement, sur la nature chimique de la roche. Au même temps, il est nécessaire de prendre en considération la nature des éléments macroscopiques dominants et la granulométrie des constituants clastiques.

En 1935, L. Cayeux a subdivisé les roches carbonatées en deux types ; les calcaires et les dolomies ; de la façon suivante :

	% Calcite	% Dolomite
Calcaire	> 95	< 5
Calcaire magnésien	90 à 95	5 à 10
Calcaire dolomitique	50 à 90	10 à 50
Dolomie calcaire	10 à 50	50 à 90
Dolomie	< 10	> 90

Tableau 1 – Nomenclature des carbonates par L. Cayeux (1935)

Pour les roches à mélanges carbonates détritiques terrigènes, le nom de la roche est donné par le constituant principal, alors que le constituant subordonné intervient comme adjectif (exemple : dolomie gréseuse).

Quant aux mélanges calcaires - argiles, les termes employés sont les suivants :

	% Calcite	% Argile
Calcaire	> 95	< 5
Calcaire argileux	65 à 95	5 à 35
Marne	35 à 65	35 à 65
Argile calcaire	5 à 35	65 à 95
Argile	< 5	> 95

Tableau 2 – Nomenclature du mélange calcaire-argile (L. Cayeux, 1935)

V-3- Classification des roches carbonatées:

Dans la littérature, plusieurs classifications de roches carbonatées ont été proposées par plusieurs auteurs. Ces classifications sont basées sur l'aspect en lames minces de la sédimentation carbonatée.

Pour les roches calcaires, deux classifications faisant appel à leur structure se partagent les faveurs des sédimentologues. Ces classifications sont :

➤ La classification de Folk (1959) :

Fondée sur la proportion relative des grains carbonatés (ou allochèmes) et leur phase de liaison (matrice – ciment ou orthochèmes). Elle prend en compte la nature du ciment et celle des éléments figurés de la roche. Le nom de la roche est, donc, constitué d'un préfixe correspondant à l'allochème dominant suivi du nom de l'orthochème (ex. biosparite, oomicrite...etc).

➤ La classification de Dunham (1962) :

C'est la classification qui a été retenue pour notre étude afin de pouvoir déterminer le milieu de sédimentation. Cette classification s'intéresse beaucoup plus à l'arrangement des constituants au moment du dépôt qu'à la nature des grains qui ne

sont considérés que comme de simples particules sédimentaires. A cet effet, Dunham a pris en compte trois principaux critères :

- La présence ou l'absence (< 1%) de boue carbonatée (particules carbonatées d'origine chimique ou biochimique de taille inférieure à 20 μ).
- La disposition des grains ; jointifs (grain supported) ou non-jointifs (mud supported).
- La proportion de grains (inférieure ou supérieure à 10%).

Ces critères permettent de distinguer quatre catégories de roches : Grainstones, packstones, wackestones et mudstones (Tableau 3).

Boue carbonatée micritique (< 20 μ)		Pas de boue	
Structure empâtée (non jointive)		Structure jointive	
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone

Tableau 3 – Classification des calcaires d'après Dunham (1962)

- Mudstone = Micrite à rares éléments figurés.
- Wackestone = Grains plus nombreux (> 10%) non jointifs dans une matrice micritique.
- Packstone = Grains jointifs à boue carbonatée.
- Grainstone = Uniquement des éléments figurés dont l'assemblage assure la structure de la roche.

L'intérêt de la classification de Dunham est de caractériser l'énergie de dépôt des roches. Quand on passe des mudstones aux grainstones on va des milieux de faible énergie (calmes) à ceux de forte énergie (agités). On peut donc retracer l'évolution des milieux de sédimentation.

De la classification de Dunham, dérive une classification proposée par Embry et Klovan (1971) pour les faciès construits. Elle oppose deux grandes catégories de calcaires construits : les types « autochtones » caractéristiques du cœur du récif, où les organismes

constructeurs sont en place, et les types « allochtones » typiques des flancs ou des faciès d'avant-récif, où les éléments constructeurs ont été transportés (fig. 29).

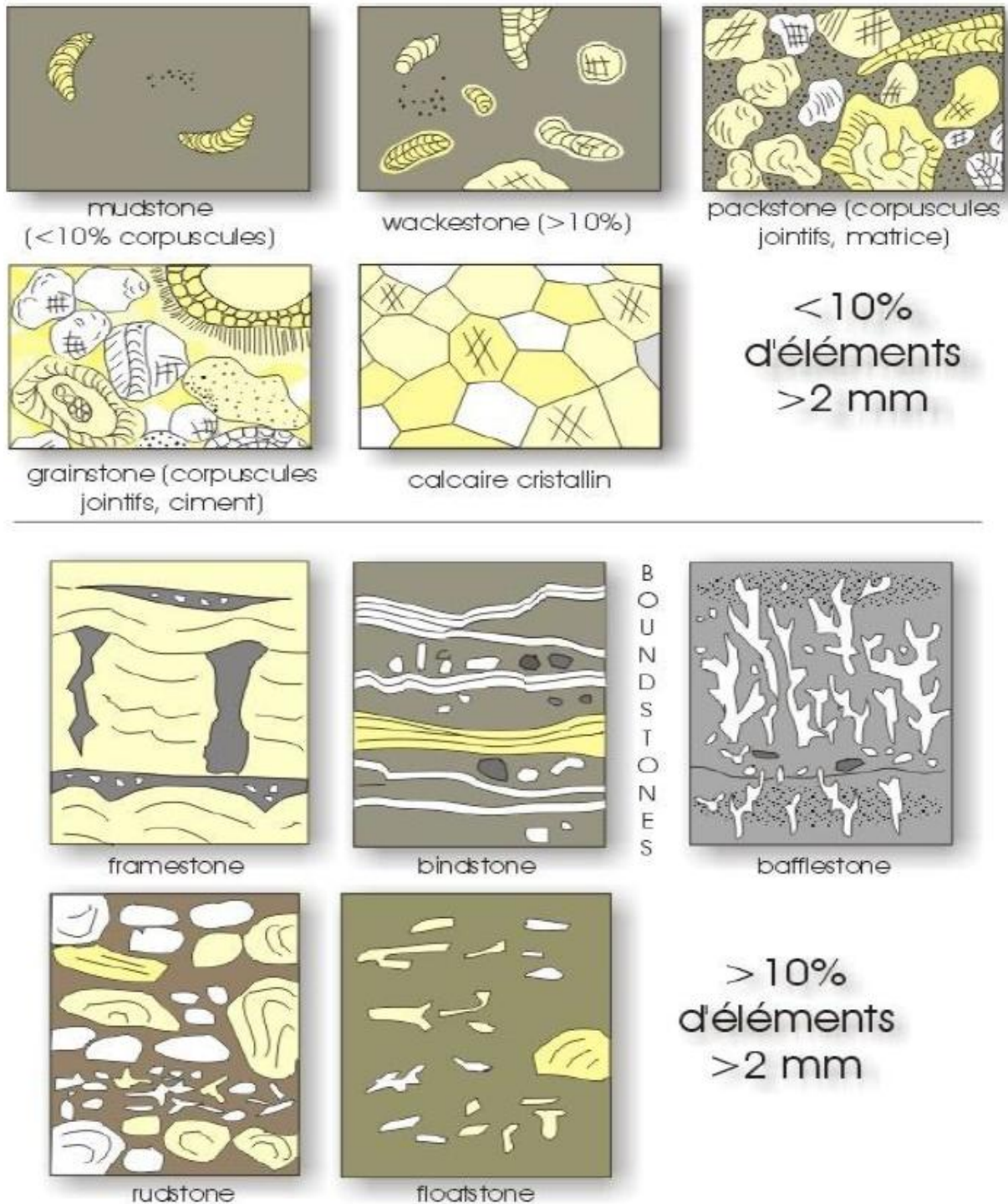


Fig. 29 : Classification des roches calcaires d'après Dunham (1962) et Embry & Klovan (1972)

Pour les roches dolomitiques, et afin de décrire le mode d'arrangement des cristaux de dolomites à l'échelle microscopique (textures), on s'est basé sur la classification de Sibley et Gregg (1987). Cette classification est principalement basée sur la nature des processus contrôlant la nucléation et la croissance des cristaux et tient surtout compte des trois paramètres suivants:

1- Distribution de la taille des cristaux (unimodale ou polymodale):

La distribution est unimodale si la taille des cristaux est homogène et polymodale si leur taille est hétérogène. Pour la taille des cristaux, il sera fait référence à la classification de FRIEDMAN (1965):

Dolomite finement grenue	100-250 μm
Dolomite moyennement grenue	250-500 μm
Dolomite grossièrement grenue	500-1000 μm

2 - Formes des cristaux (planaire ou non-planaire) :

En 1965, FRIEDMAN a introduit les termes "idiotopique", "hypidiotopique" et "xénotopique" pour tenir compte de la forme des cristaux dolomitiques. Sibley et Gregg (1987) ont abandonné ces termes et les ont remplacés par "planaire" et "non-planaire". Suivant ces auteurs, la dolomite "planaire" présente des cristaux à contours droits, alors que la dolomite "non-planaire" présente des contours incurvés, lobés, ou dentelés (Fig.32.a). Cette dolomite "non-planaire" présente de plus une extinction ondulante. Si le sédiment présente une forte porosité et des cristaux plans, la texture correspondra à la texture "planaire-e" (Fig.32.b). Par contre, si la porosité du sédiment est faible et que la dolomite est "planaire"; dans ce cas, les cristaux correspondront à la texture "planaire-s" (Fig.32.c).

Comme il est difficile de distinguer la texture "planaire-s" de la texture "non-planaire"; d'autres critères, essentiellement basés sur le nombre de "jonctions intercrystallines" sont nécessaires. Sibley et Gregg (1987) ont arbitrairement fixé à 30%

au minimum, le nombre de jonctions faciales intercrystallines pour définir une dolomite "planaire-s". Dans le cas d'une dolomite "mixte", c'est à dire "planaire" à "non-planaire", sa détermination se fera à partir de la texture qui sera la mieux représentée.

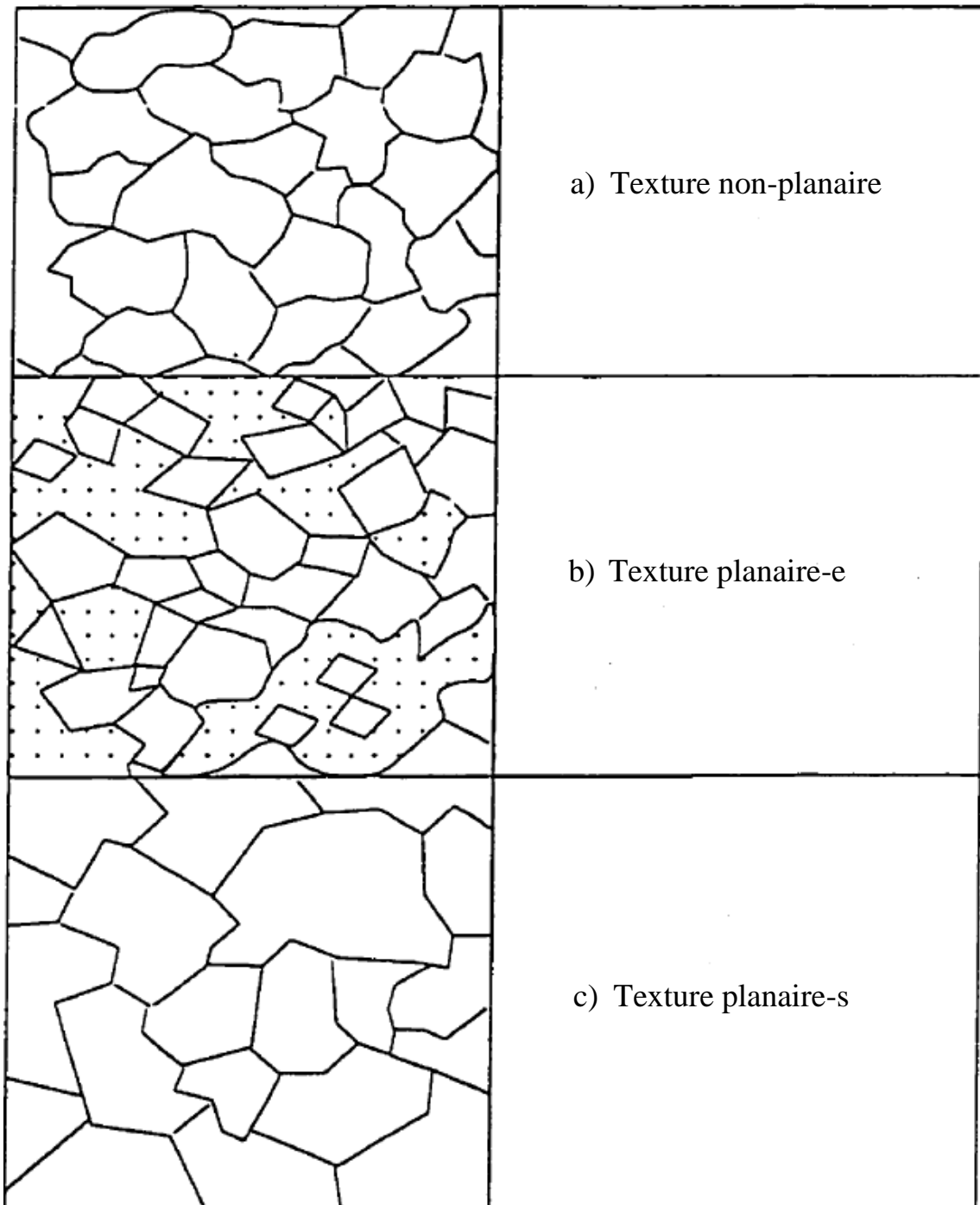


Fig. 30 : Classification des roches dolomitiques d'après Sibley et Gregg (1987)

3 - Les éléments figurés:

Ils peuvent être conservés, ou laisser des fantômes partiellement ou entièrement remplacés. Le remplacement sera "mimique" lorsqu'il préserve la forme et la structure interne de l'élément figuré et sera "non mimique" dans le cas contraire. Il faudra également tenter de préciser dans chaque cas le degré de remplacement de la matrice et de décrire le remplissage des vides.

- La matrice: il faut essayer de préciser son degré de remplacement.
- Remplissage des vides: ce remplissage est très varié, les différents pores étant liés à la précipitation précoce de la calcite et/ou de la dolomite de plus en plus grenue ou baroque (RADKE et MATHIS, 1980).

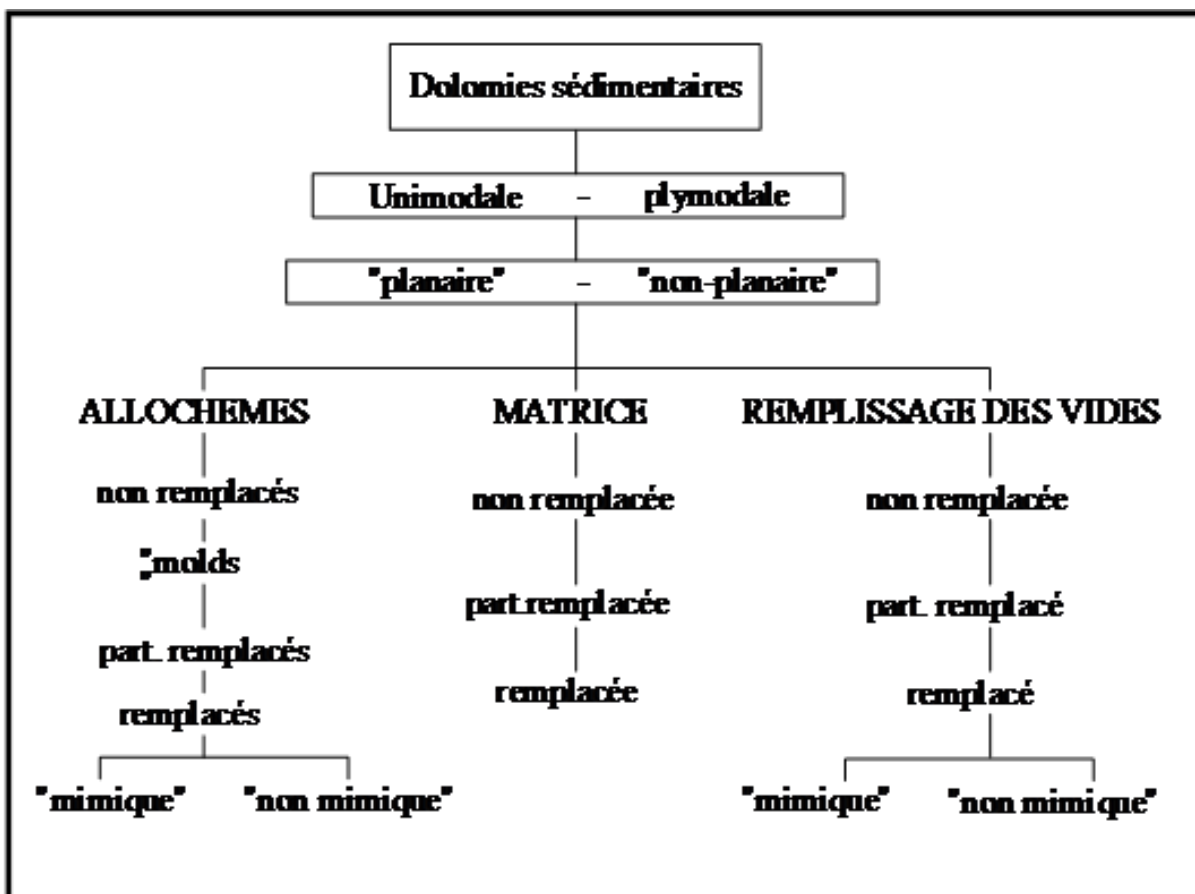


Tableau 4 – Principe de classification des dolomies (Sibley et Gregg, 1987)

V-4- Généralités sur les roches carbonatées :

Les roches carbonatées sont très abondantes dans la lithosphère, et leur masse s'accroît depuis l'ère primaire, d'où un appauvrissement progressif de l'atmosphère en CO_2 . Les calcaires et les dolomies forment la majorité de ces roches carbonatées. Elles sont composées de carbonates de calcium (CaCO_3 : calcite ou aragonite), de magnésium (MgCO_3 : magnésite) et de fer (FeCO_3 : sidérite). On rencontre fréquemment des carbonates doubles ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, ou dolomie, qui peuvent contenir du fer (ankérite).

Les sédiments carbonatés se sont bien souvent transformés après leur dépôt, par diagenèse à des températures et pressions relativement basses [T inférieure à 150°C et P inférieure à 1.5 Kilo-bar (Kbar)].

Cependant, ces roches carbonatées peuvent subir aussi des conditions de température et de pression bien plus élevées au point d'atteindre divers degrés de métamorphisme. Ce qui les transformera en « marbres » montrant des recristallisations et l'apparition de minéraux caractéristiques.

Il existe aussi des roches carbonatées d'origine magmatique, qu'on rencontre rarement, et qu'on appelle les carbonatites.

Lorsqu'elles sont exposées aux conditions météoriques, les roches carbonatées subissent des altérations caractéristiques dont des dissolutions, liées notamment à leur solubilité élevée. Les phénomènes engendrés par ce type d'altération peuvent être regroupés sous le terme de « karstification ».

V-5- Formation des roches carbonatées :

La formation des roches carbonatées est contrôlée par différents processus, surtout de nature biogénique. En effet, la presque totalité de la production carbonatée océanique est directement (coquilles) ou indirectement (intervention des bactéries dans les précipitations)

liée à la vie, car le carbonate de calcium sous ses différentes formes minéralogiques est le principal constituant de la majorité des tests et coquilles des organismes.

Les différents processus menant à la formation des roches carbonatées sont :

- La prolifération et précipitation de l'ion calcium, prélevé de l'eau de mer, par les organismes marins qui fixent le calcium dans leur squelette et édifient des constructions carbonatées (bioconstructions : cas des coraux, éponges, algues...).
- L'apport de grains de carbonates formés ailleurs (Allochèmes) et transportés jusqu'à l'endroit du dépôt: fragments de roches calcaires (intraclastes), fragments d'organismes à squelette carbonaté (bioclastes : coquilles, foraminifères,...) boue calcaire (micrite), etc.
- La précipitation chimique en grains de taille variable : (oolites ou sphérules à couches concentriques, concrétions algaires, bactériennes, ...). Cette précipitation est souvent favorisée par la présence d'organismes qui modifient le pH ou la concentration de l'ion HCO_3^- et donc la solubilité de CaCO_3 . Exemple des foraminifères planctoniques, des coccolithophoridés (à l'origine de la craie), des constructions algaires ou cyanobactériennes comme les stromatolites.
- L'apport de matériaux non carbonatés, qu'ils soient détritiques (fragments solides issus de l'érosion d'autres roches : grains de quartz, de feldspath, boue composée de minéraux argileux), ou liés à une précipitation chimique (gypse, sel,...), eux même pouvant être encore d'origine biochimique (silice, hydrocarbures,...).

Dans tous les cas, le processus de formation des roches carbonatées est, généralement, lié à la concentration et au dépôt de CaCO_3 contenu et fixé à l'intérieur ou à l'extérieur des organismes par l'activité biologique. D'où le fait que les calcaires soient souvent fossilifères.

V-6- Principales caractéristiques des carbonates :

Parmi les caractéristiques les plus facilement observables chez les roches carbonatées, sont bien la faible dureté (rayée au couteau mais variable d'un calcaire (ou dolomie) dur à une craie friable) et l'effervescence à l'acide chlorhydrique dilué pour le calcaire et l'absence de cette réaction vive pour la dolomie. Ces deux caractéristiques sont liées aux constituants majeurs de ces roches : la calcite et la dolomite.

Malgré le fait que le calcaire et la dolomie sont des roches, le plus souvent, rigides, elles sont cassantes et fissurables, les mouvements qui les affectent les brisent et créent des fissures ou diaclases. L'eau s'infiltré facilement et circule par l'intermédiaire de cette porosité de fissures. La porosité des karsts est plutôt due au phénomène de dissolution. Sinon, celle des pores est plutôt initiale mais elle peut se former lors d'une phase diagénétique secondaire.

V-7- Les principaux constituants des roches carbonatées :

Les deux principaux constituants des roches carbonatées sont : les constituants chimiques (ciment et matrice) et les éléments figurés (allochèmes).

➤ Les constituants chimiques :

Les constituants chimiques, que ce soit ciments ou matrice, peuvent être en calcite ou en dolomite. Selon la taille des cristaux, trois types de constituants chimiques peuvent être distingués (classification du groupe ELF-AQUITAINE 1975) :

- ✓ La micrite ou dolomicrite (moins de 10 μ).
- ✓ La microsparite ou dolomicrosparite (de 10 à 80 μ).
- ✓ La sparite ou dolosparite (Plus de 80 μ).

➤ Les éléments figurés ou allochèmes :

Pour les allochèmes, on en distingue deux groupes de grains carbonatés (B. H. Purser, 1980) : les grains squelettiques et les grains non squelettiques.

✓ Les grains squelettiques :

Il s'agit des bioclastes, qui sont des éléments fossiles entiers ou en fragments, d'origines végétale ou animale, enrobés ou non dans une gangue carbonatée. Souvent, ils sont les plus abondants dans les roches carbonatées. Ils peuvent se présenter sous formes d'individus entiers, fragmentés ou roulés, d'une taille plus ou moins grande, isolés, abondants ou formant des colonies, de la même espèce ou en association avec d'autres espèces.

✓ Les grains non squelettiques :

Deux groupes de grains non squelettiques peuvent être distingués (B. H. Purser, 1980) :

a) Les grains non squelettiques sans nucleus :

Ce sont principalement les pellesoïdes qui, à leur tour, ont été partagé en deux groupes :

- Les pellets fécaux :

Ce sont des grains carbonatés d'origine fécale, sans structure, qui se présentent sous forme ovoïde ou en bâtons courts et arrondis.

- Les pellesoïdes au sens large :

La plupart des pellesoïdes sont formés par micritisation de grains carbonatés, surtout les bioclastes. Ce processus complexe comprend des perforations par micro-organismes, une précipitation interne du ciment cryptocristallin et, probablement, la recristallisation du

carbone préexistant (R. G. C. Bathurst, 1971). Ces mécanismes qui aboutissent à une destruction progressive de la structure primaire du grain, commencent à la périphérie et, en progressant vers l'intérieur, provoquent finalement la création d'un élément cryptocristallin sans structure (R. G. C. Bathurst, 1971 et B.H. Purser, 1980).

b) Les grains non squelettiques composés :

Ce sont des grains de la taille d'un sable grossier ou d'un gravier, de forme généralement irrégulière, composés d'agrégats de pelles, et plus fréquemment de bioclastes.

V-8- Les milieux marins de sédimentation et leurs caractéristiques :

En milieu marin, on distingue essentiellement un milieu de plate-forme, dont la profondeur varie de 0 à 200m, et un milieu de bassin, caractérisé par des profondeurs plus importantes, tous deux séparés par un talus (Fig. 31).

V-8-1- Le milieu de plate-forme :

En ce milieu la sédimentation est carbonatée. La diversité de répartition des dépôts en ce milieu de plate-forme est fonction de la variation de certains facteurs, tels que la morphologie, l'hydrodynamisme, la pénétration de la lumière...etc

a) Influence de la morphologie :

La morphologie d'une plate-forme est contrôlée essentiellement par l'existence ou l'absence d'une barrière plus ou moins continue. L'existence de cette barrière influe directement sur le niveau d'énergie, le chimisme des eaux (salinité, oxydation) et l'activité biologique. Ça entraîne la distinction entre un milieu de plate-forme interne et un autre de plate-forme externe.

b) Influence de facteurs dynamiques :

Par facteurs dynamiques on sous entend les vents, les vagues et les marrées. Leur résultat est surtout un tri granulométrique. Cette granulométrie donne des informations importantes sur les niveaux d'énergie du milieu.

c) Le chimisme des eaux :

La sursalure, le manque d'oxygénation des eaux entraînent de profondes modifications dans le contenu faunistique, ce qui peut conduire à distinguer :

- Un milieu ouvert : la circulation des eaux marines n'est pas entravée.
- Un milieu restreint : la circulation des eaux marines est entravée, ce qui entraîne des modifications, plus ou moins importantes, sur leur qualité.

d) L'influence de la lumière :

La pénétration de la lumière permet de distinguer deux domaines entre lesquels les conditions biologiques varieront considérablement : Le domaine photique et le domaine aphotique.

V-8-2- La plate-forme carbonatée :

Le milieu de plate-forme est généralement coupé par une barrière parallèle à la côte qui isole une plate-forme interne protégée d'une plate-forme externe soumise à l'action des vagues (Fig. 31).

a) La plate-forme interne :

Elle est caractérisée par un faible hydrodynamisme. Le balancement des marées détermine trois différentes zones de plate-forme interne, qui sont :

- La zone supratidale:

Elle est très épisodiquement envahie par les hautes marées de vives eaux. Les dépôts que l'on y trouve sont plus ou moins développés en fonction du profil de la côte. Leur nature est fortement influencée par le climat.

- La zone intertidale:

Elle correspondant à la zone de balancement des marées. C'est un milieu où la vie est généralement abondante, mais où les conditions écologiques sont extrêmement difficiles du fait des alternances entre émergence et immersion, des variations de température, d'insolation, de salinité, de pH et de chimisme des eaux. Seuls des organismes spécialement adaptés peuvent y survivre.

- La zone subtidale:

Dans cette zone, l'énergie est variable en fonction de la profondeur. La diversité des faciès, liée au gradient hydrodynamique, reste importante. La faune et la flore y sont variées. Des organismes comme les éponges et les échinodermes deviennent plus abondants. On observe également l'apparition de quelques formes pélagiques. Dans cette zone, aux faciès carbonatés et évaporitiques peuvent s'ajouter des faciès enrichis en silice, phosphates et en oxydes de fer.

b) La barrière :

La barrière isole la plate-forme interne de celle externe où l'environnement est beaucoup plus stable et homogène. Il s'agit d'une barrière récifale généralement construite par les coraux; elle est recouverte à marée haute, en mettant en communication la plate-forme interne avec le large ce qui permettra la navigation, mais partiellement émergée à marée basse. Le récif corallien représente une bioconstruction complexe dont la charpente est constituée par les coraux eux-mêmes, auxquels s'ajoutent des éponges, des bryozoaires, des algues encroûtantes, ...etc.

Beaucoup d'espèces vivent dans le biotope particulier que présente le récif (support solide, des eaux chaudes, limpides et de faible profondeur). La face externe de la barrière, du côté de la haute mer, est détruite par l'action des vagues. Le récif compense cette destruction par une croissance orientée par rapport à la direction du vent dominant qui génère les vagues. Du côté interne, l'action destructrice des organismes perforants ou brouteurs de récifs produit des particules fines qui se décantent dans le lagon.

c) La plate-forme externe

Au niveau de la plate-forme externe, l'énergie sur le fond est moyenne dans la zone d'action des vagues. A partir d'une certaine profondeur, d'une cinquantaine de mètres, l'hydrodynamisme est très faible. Les sédiments se déposent en fonction de ce gradient d'énergie: éléments grossiers à proximité de la barrière, boue calcaire ou argilo-carbonatée au large. La faune comprend des espèces benthiques et pélagiques de haute mer. Lorsque la production et l'apport de carbonates sont importants, la plate-forme s'étend vers le large et prograde dans le bassin marin.

V-8-3- Le talus :

Le talus constitue, essentiellement, une zone de transit des sédiments entre la plate-forme et le bassin. Il est caractérisé par une sédimentation complexe qui a été mise en place, généralement, par glissement lié à la gravité, à la tectonique, aux séismes...etc.

Il possède une pente allant de 0,7 à 1,3m par km et s'étale de 130m à 2000m, c'est-à-dire sous la zone aphotique et sous la zone d'action des vagues.

V-8-4- Le bassin :

Le bassin est marqué par une dominance d'organismes pélagiques. Quel que soit le type d'océan, le degré de saturation de la calcite est inversement proportionnel à la profondeur. L'augmentation de la pression et l'abaissement de la température augmentent le taux de solubilité du CaCO_3 , d'où une tendance à la décalcification générale des sédiments à partir d'une profondeur critique appelée "lysocline". Inversement, le contenu en SiO_2 et en

phosphates augmente progressivement avec la profondeur. Des concentrations en Fe et Mn, sous l'influence de mécanismes bactériens, sont également possibles. En conséquence, les sédiments océaniques profonds ne peuvent être constitués de boues carbonatées qu'au-dessus de la lysocline.

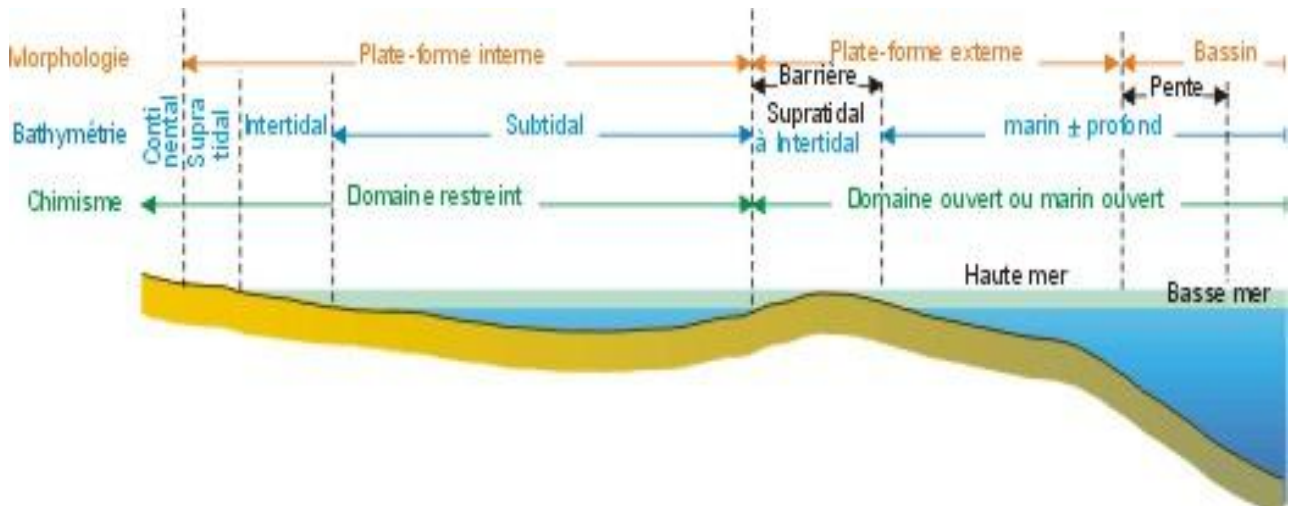


Fig. 31 : Répartition des environnements sur une plate-forme avec barrière (Hunt et Tucker, 1995)

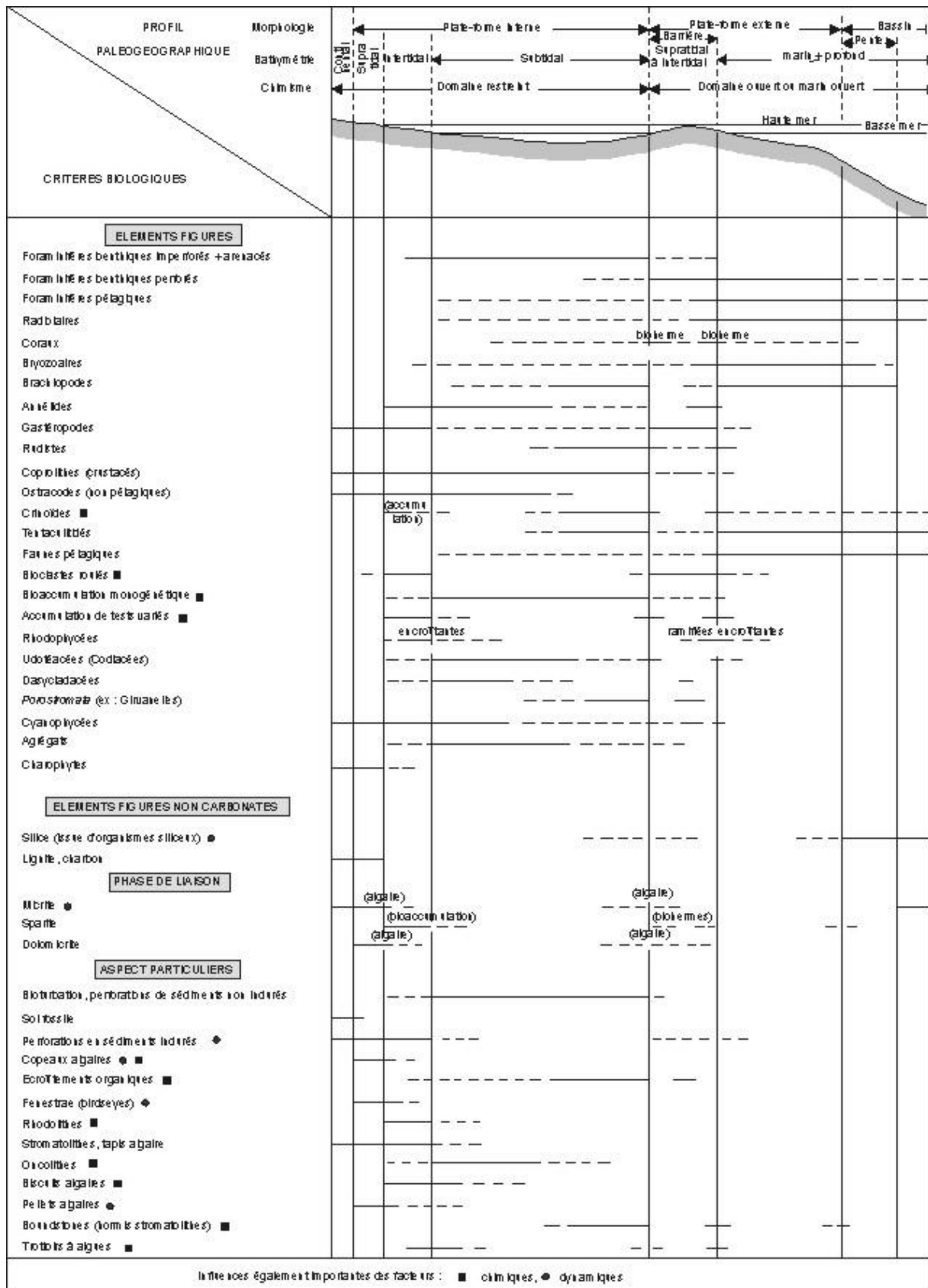


Fig. 32(a) : Caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés (critères biologiques) (Elf-Aquitaine, 1977)

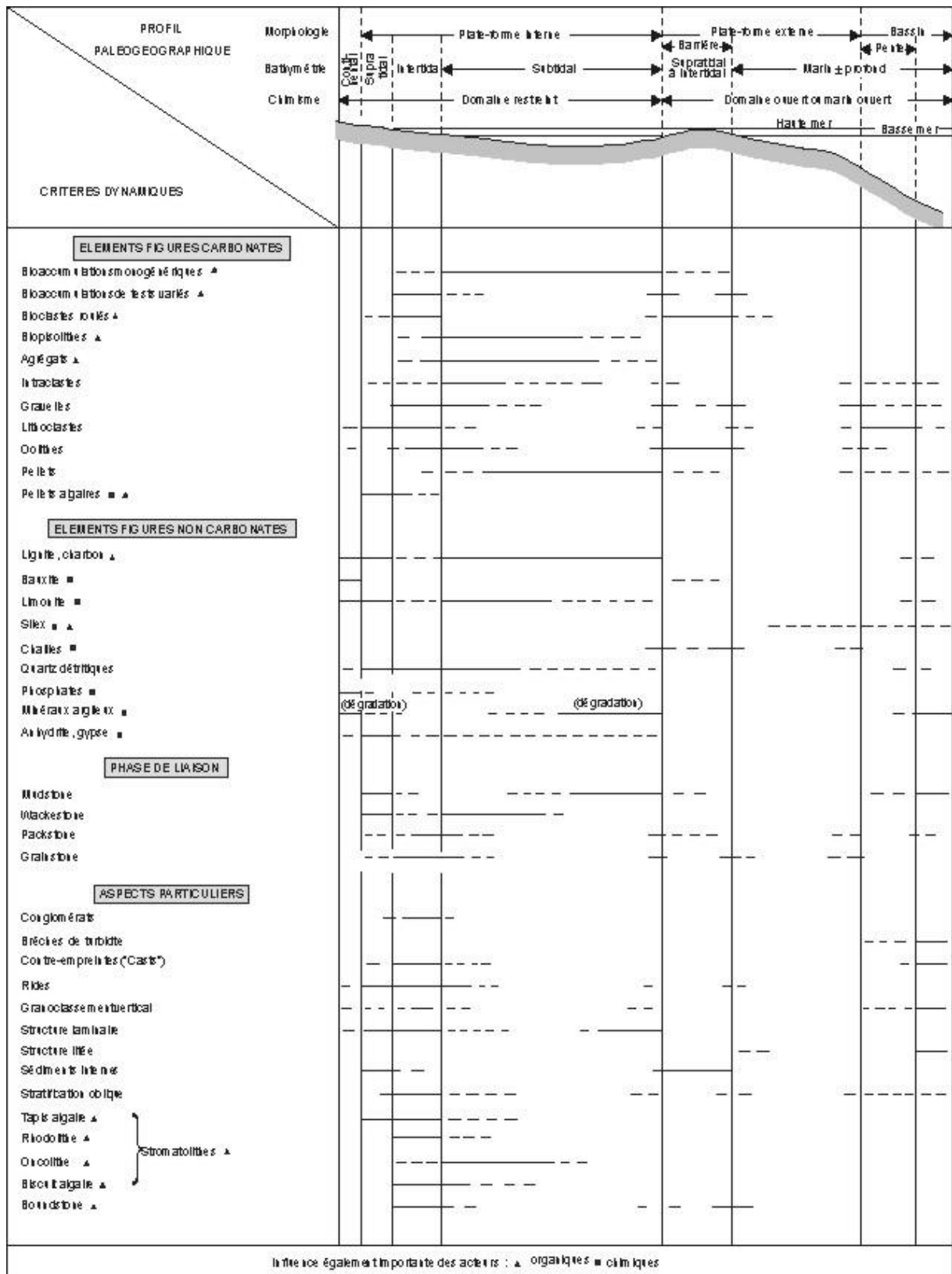


Fig. 32(b) : Caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés (critères dynamiques) (Elf-Aquitaine, 1977)

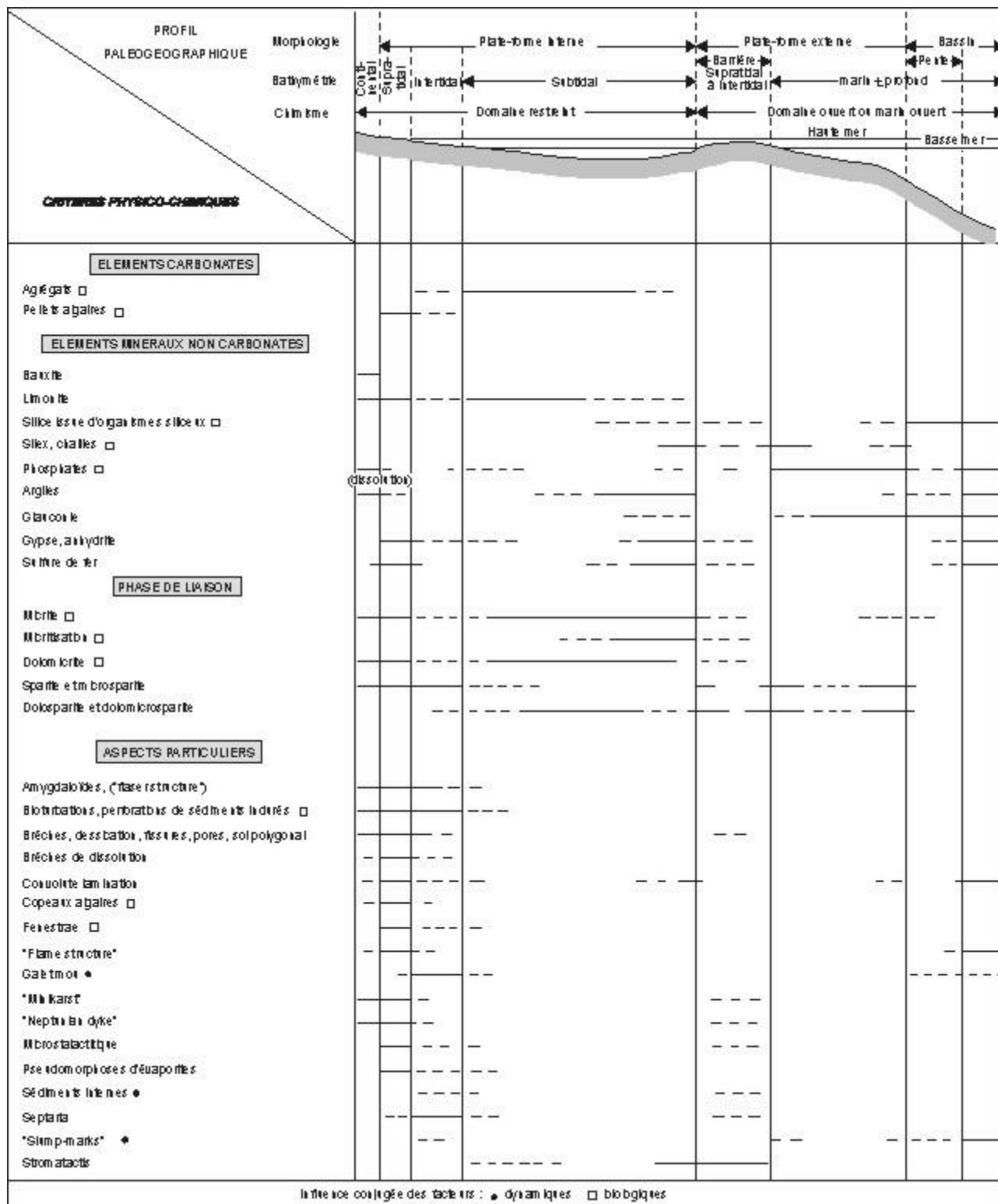


Fig. 32(c) : Caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés (critères physico-chimiques) (Elf-Aquitaine, 1977)

V-9- Notions sur les roches dolomitiques :

Les roches dolomitiques sont rarement formées de dolomie pure et renferment généralement un certain taux de CaCO_3 . Elles contiennent 50% ou plus de carbonates, dont la moitié au moins sous forme de dolomite ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$). Les roches dolomitiques englobent les dolomies pures (90 à 100% de dolomite) et les dolomies calcaires (50 à 90% de dolomite) (Tableau 1).

Les roches dolomitiques sont un peu plus dures que les roches calcaires (dureté : 3,5 à 4 alors que la dureté des calcaire est d'environ 3) et ne font pas effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10%, ce qui les différencie des calcaires.

Selon leur genèse, on distingue deux types de dolomies : Les dolomies primaires et les dolomies secondaires.

a) Les dolomies primaires :

Elles sont dues à la précipitation directe de la dolomite, formées le plus souvent dans des lagunes côtières de pays chauds. Ces dolomies sont à grain fin (dolomicrite) et contiennent un peu de calcite et d'argile (donnant des teintes rougeâtres ou verdâtres). Elles sont en bancs minces, alternant avec des niveaux gypseux ou argileux (à illite et montmorillonite) qui contiennent des rhomboèdres dispersés de dolomite. Elles sont souvent de couleur claire, et leur altération met parfois en évidence de nombreuses microdiaclasses, qui leur confèrent un aspect caractéristique.

b) Les dolomies secondaires :

Elles sont plus abondantes que les dolomies primaires. Elles sont dues au remplacement total ou partiel de la calcite par de la dolomite (dolomitisation). On y observe des traces de la structure originelle (fantômes d'oolites, de fossiles, ...). Elles ont généralement un grain grossier ce qui leur donne, à l'altération, un aspect rugueux qui

pourrait les faire prendre pour un grès, si leur dureté n'était pas moindre. Les grains se dissocient parfois pour donner un sable dolomitique. Le choc du marteau en fait jaillir une poussière et, dans certains cas, elles exhalent une odeur de matière organique. Elles se bréchifient aisément.

V-10- Notions de diagenèse :

La diagenèse correspond à l'ensemble de processus physiques, chimiques et biochimiques qui affectent les sédiments après leur dépôt et les transforment en roches sédimentaires consolidées, sauf les hydrocarbures qui demeurent liquides ou même gazeux après la diagenèse.

V-11- Les facteurs diagénétiques :

Ils sont à la fois biologiques, physiques et chimiques. Les deux derniers accroissent leur influence au fur et à mesure de l'enfouissement des sédiments, accompagnée d'une augmentation de température et de pression.

V-12- Les phases de la diagenèse :

Les différents facteurs de la diagenèse peuvent agir simultanément ou successivement, et manifester une, plus ou moins, grande intensité en fonction de la durée et de la profondeur d'enfouissement. L'évolution diagénétique peut être divisée en quatre phases principales de durée inégale (H, Chamley, 1987) (Fig. 33).

- **La phase I** concerne surtout la diagenèse biochimique, la pédogenèse et l'évolution précoce des carbonates et de la silice à l'interface eau-sédiment.
- **La phase II** est surtout celle de la mobilité des ions en solution interstitielle qui conduit à l'authigenèse : épigenèse et néoformation.

- **La phase III** voit se développer la dissolution et la mobilité des minéraux conduisant à la cimentation (lithification) des roches et aux phénomènes de Concrétionnement. La compaction, amorcée en phase II, s'amplifie.
- **La phase IV** est celle de la déshydratation, des recristallisations, en particulier de la métasomatose. La compaction arrive à son terme et mène progressivement, sous l'influence de l'augmentation de température et de pression, à l'anchimétamorphisme.

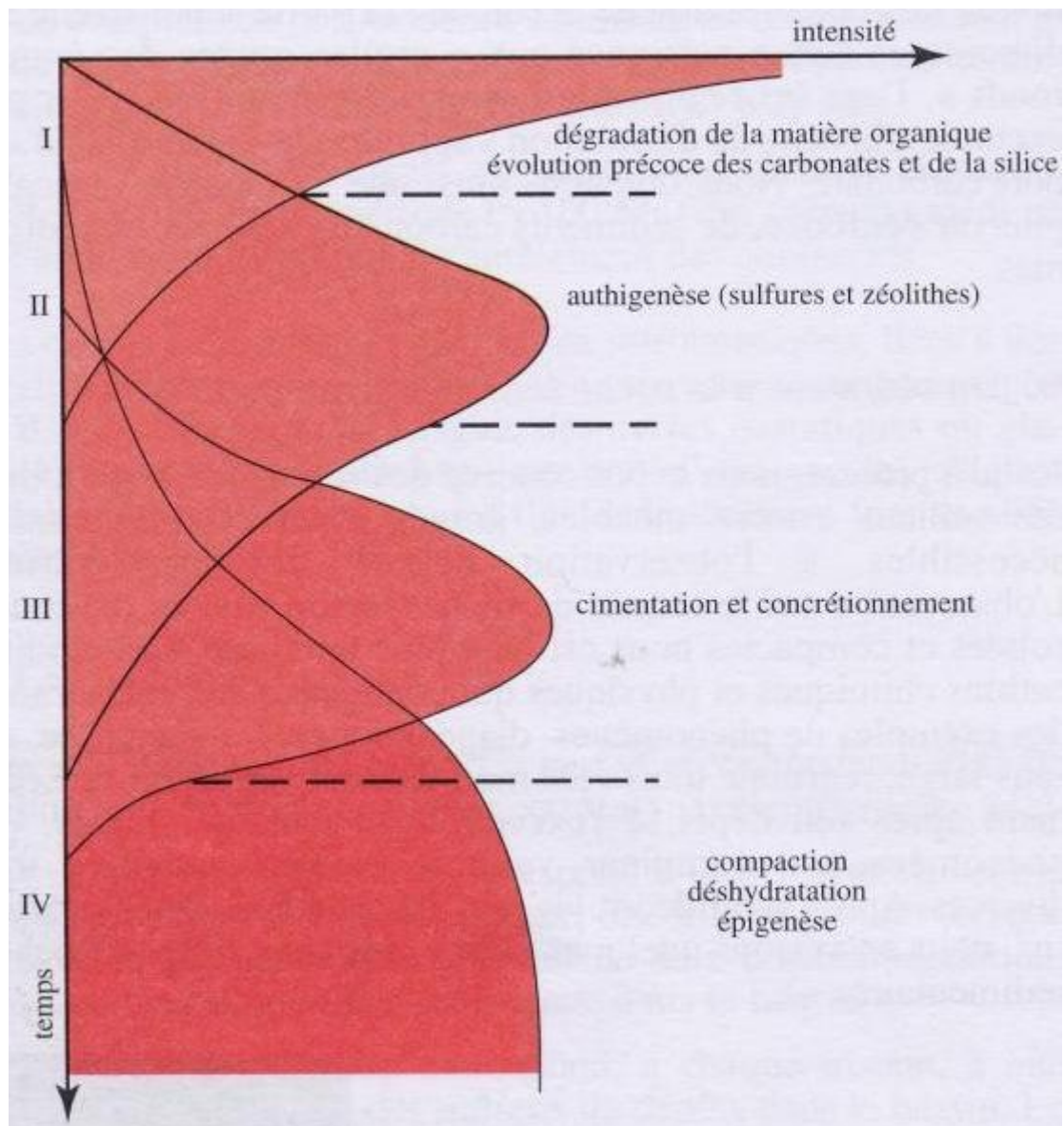


Fig. 33 : Les différentes phases de la diagenèse des roches consolidées (H. Chamley, 1987)

V-13- La diagenèse des roches carbonatées et la dolomitisation:

En domaine continental, la précipitation des calcaires a lieu chaque fois que la pression de CO₂ diminue, que la température s'élève et que la concentration en Ca(CO₃H)₂ augmente, notamment par évaporation. Le ciment calcaire qui en résulte est généralement bien cristallisé (ciment sparitique). C'est le cas des concrétions karstiques, des dépôts de sources (tufs, travertins).

En domaine néritique, la précipitation d'aragonite et de calcite magnésienne donne naissance à des fonds durcis dont la lithification est précoce.

Par contre, dans le domaine pélagique la consolidation des calcaires ne survient que tardivement sous une importante épaisseur de sédiments. La porosité diminue et les particules se soudent transformant la roche en un calcaire.

Sous l'influence de fortes pressions, une dissolution peut avoir lieu donnant naissance à une structure stylolitique.

La dolomitisation des calcaires est considérée comme un phénomène diagénétique. Elle intervient généralement en milieu lagunaire où le rapport Mg/Ca est très élevé. Parmi les mécanismes envisagés mentionnons :

- L'évaporation de l'eau de mer apportée par le flot qui s'infiltré et s'évapore au moment de la marée basse.
- Le pompage continu d'eau de mer à travers le sédiment qui limite la lagune suite à l'évaporation intense à l'intérieur de celle-ci ; la réaction globale est la suivante :



- La précipitation de gypse qui, en mobilisant du calcium, augmente le rapport Mg/Ca des eaux interstitielles.

V-14- La dédolomitisation (calcitisation) :

Aux conditions de l’affleurement et de subsurface, la dolomite est à son tour instable vis-à-vis des eaux météoriques (faibles rapports Mg/Ca) et se transforme en calcite. On observe alors, le plus souvent, des fantômes de rhomboèdres de dolomies qui sont entièrement constitués de calcite.

V-15- Examen des échantillons et interprétation lithostratigraphique :

Les observations du terrain et l’analyse microscopique des échantillons prélevés au niveau du flanc N-E du massif de Teioualt, ainsi qu’au niveau de la carrière d’exploitation en activité, ont permis de définir les différents faciès et microfaciès, ainsi que leur milieu de dépôt.

La démarche utilisée pour la description des faciès et microfaciès est basée sur la classification utilisée par le groupe ELF Aquitaine (1977) qui se base, à son tour, sur les classifications de Folk (1959) et Dunham (1962).

La terminologie utilisée pour décrire le mode d’arrangement des cristaux dolomitiques à l’échelle microscopique (textures) est basée sur la classification proposée par Sibley et Gregg (1987).

V-15-1- Le Valanginien :

Le valanginien est caractérisé par les dolomies constituant le gisement du massif de Teioualt. Macroscopiquement, Ces dolomies sont moyennement à grossièrement grenues, de couleurs blanchâtre, rougeâtre et surtout grise à noirâtre, assez denses quoique poreuses et dures, montrant une cavernosité irrégulière. Les pores sont souvent de forme ovale, allongés suivant la stratification, avec parfois de fins encroutements de cristaux brillants de dolomite déposée sur leurs parois (Fig. 34 et Fig. 66). A la cassure, il se dégage de ces dolomies une odeur fétide (caractéristique des dolomies).



Fig. 34 : Dolomie caverneuse

L'observation microscopique des lames minces des échantillons prélevés au niveau de ces dolomies valanginiennes, a permis d'identifier une dolomie à distribution unimodale, finement à moyennement grenue, qui correspond à une dolomie planaire « s » et dépourvue de toute trace d'organismes. La lame mince a révélé une porosité de fracturation et intergranulaire remplie par un dépôt calcitique et parfois par des oxydes de fer (Fig. 35, 36 et 37).



Fig. 35: Dolomie unimodale, finement grenue, planaire « s », avec remplissage calcitique. obj. x 2,5 (LN)



Fig. 36: Dolomie finement à moyennement grenue.
obj. x 2,5 (LP)

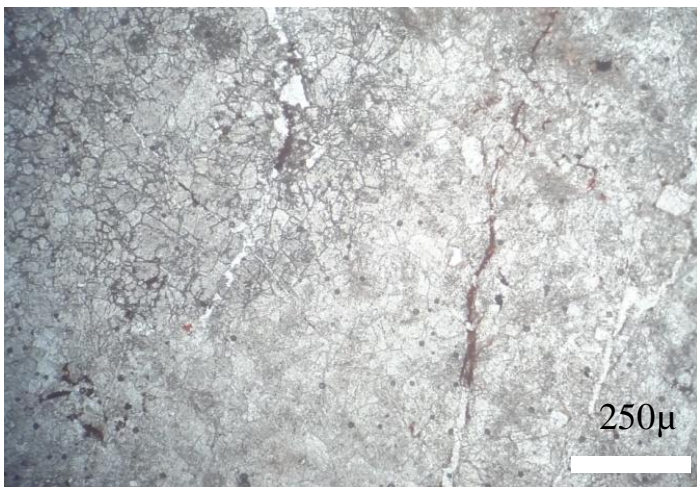


Fig. 37: Dolomie finement à moyennement grenue avec une porosité de fracturation et intragranulaire à remplissage d'oxydes de fer et calcitique.
obj. x 2,5 (LN)

Il existe un deuxième type de dolomie à distribution unimodale, finement à moyennement grenue et qui correspond à une texture planaire « e » avec de rares cristaux automorphes (Fig. 38).

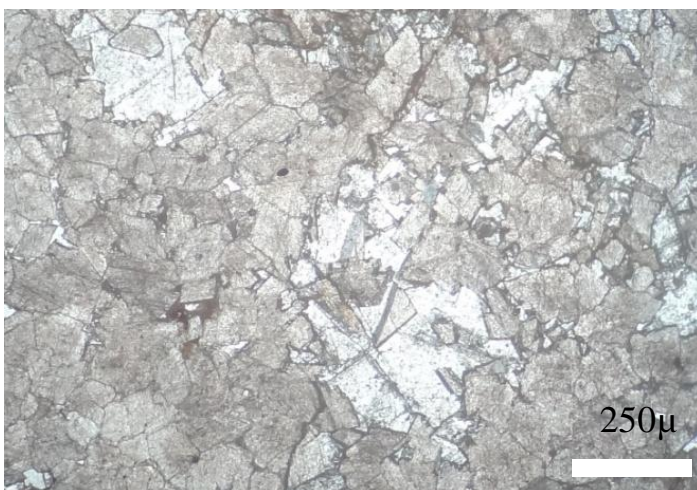


Fig. 38 : Dolomie planaire « e ».
obj. x 2,5 (LN)

Par ailleurs, il y a un autre type de dolomie à distribution polymodale, où les cristaux, de forme rhomboédrique, montrent un cœur sombre et un pourtour clair (Fig. 39 et 40). Ces dolomies conservent des traces de fossiles, notamment quelques foraminifères benthiques, et dans leur ciment subsiste encore des traces de micrite (Fig. 41, 42 et 43). Les espaces poreux sont remplis par des oxydes de fer qui se répartissent également dans les espaces intergranulaires (Fig. 44, 45 et 46).

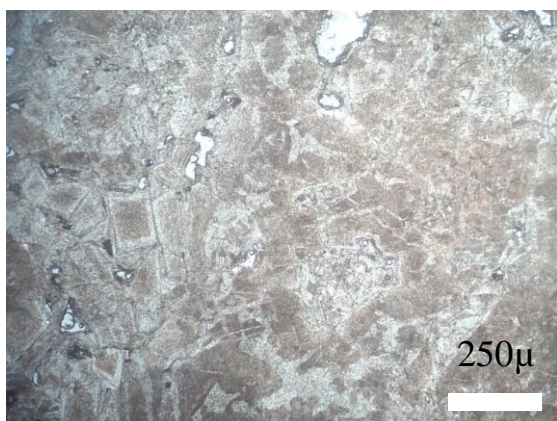


Fig. 39 : Dolomie polymodale, finement grenue, planaire « s » à planaire « e », renfermant des rhomboédres à cœur sombre.
obj. x 2,5 (LN)

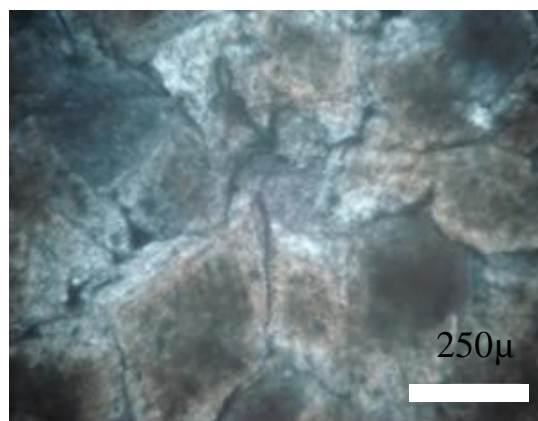


Fig. 40 : Rhomboédres à cœur sombre d'une dolomie planaire « s » à « e » à distribution polymodale.
obj. x 2,5 (LP)

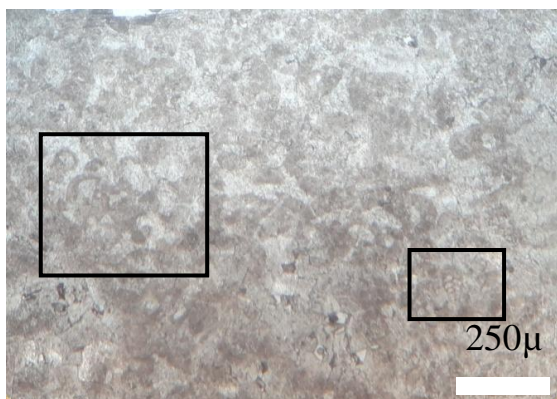


Fig. 41 : Dolomie avec quelques foraminifères benthiques et des traces de fossiles non identifiés.
obj. x 2,5 (LN)

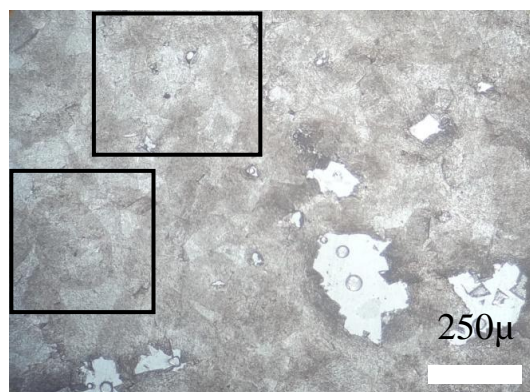


Fig. 42 : Dolomie moyennement grenue avec des traces de fossiles de grande taille.
obj. x 2,5 (LN)

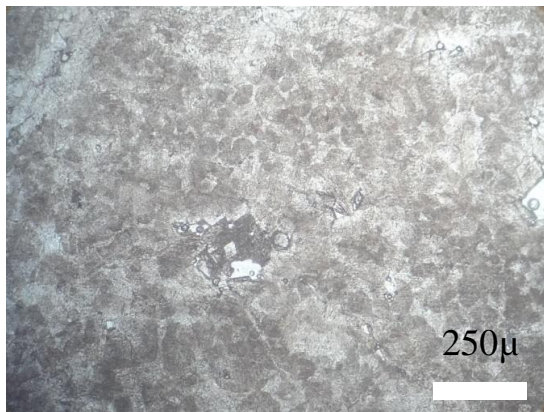


Fig. 43 : Dolomie avec des traces de fossiles.
obj. x 2,5 (LN)

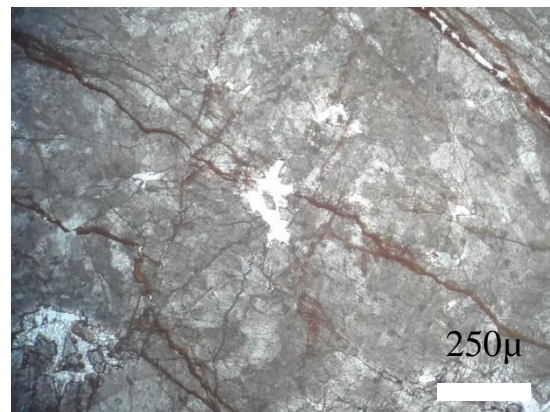


Fig. 44 : Dolomie moyennement grenue avec une porosité de fracturation, à remplissage d'oxydes de fer, et une porosité vacuolaire.
obj. x 2,5 (LN)

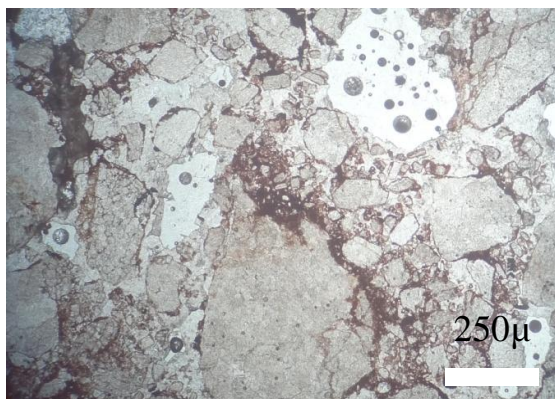


Fig. 45 : Microbrèches tectoniques de dolomie.
obj. x 2,5 (LN).

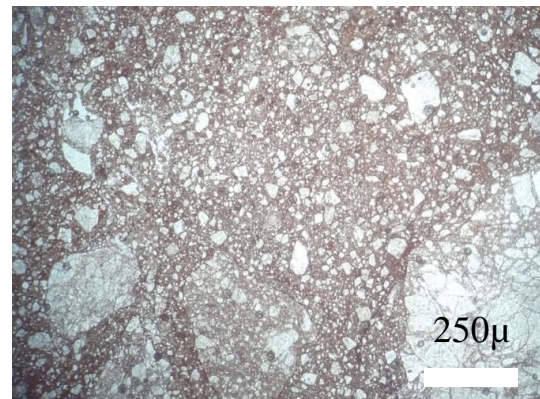


Fig. 46 : Microbrèches de dolomie cimentées par des oxydes.
obj. x 2,5 (LN).

Contrairement à ce qu'avaient avancé les différents travaux sur lesquels on s'est basé pour nos recherches, les dolomies valanginiennes s'avèrent non azoïques. L'examen microscopique a révélé l'existence de traces de fossiles dont on a pu reconnaître des fantômes de quelques foraminifères benthiques. Comme il ne reste, de cette manifestation faunistique, que des traces, la détermination du milieu de dépôt de ces dolomies serait une tâche pas du tout évidente. Par contre, la subsistance de traces de micrite dans le ciment, ainsi que des traces de fossiles, indique que ce sont des dolomies secondaires résultant de la dolomitisation des calcaires.

V-15-2- L'Hauterivien :

L'Hauterivien est caractérisé par des calcaires et des dolomies interstratifiés. Les calcaires sont fins, gris sombres, partiellement dolomités. La dolomitisation recoupe la stratification et envahi les calcaires par bouffées irrégulières.

L'examen microscopique de ces calcaires hauteriviens a montré un microfaciès à ciment micritique, il s'agit d'un wackstone à algues (Dasycladacées) et débris de lamellibranches (Fig. 47).

Le dépôt hauterivien traduit un domaine de plate-forme interne.

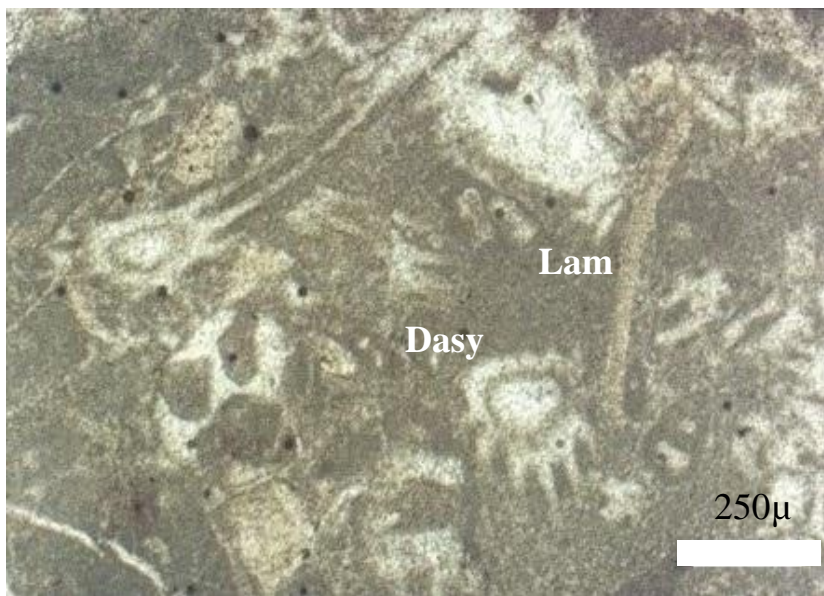


Fig. 47 : Wackstone à dasycladacées et débris de lamellibranches. obj. x 2,5 (LN).

V-15-3- Le Barrémien :

Le Barrémien présente une sédimentation variée comportant dans son détail des calcaires massifs, surmontés par un niveau marneux. Le tout surmonté par des calcaires bioclastiques.

L'étude microscopique des échantillons prélevés des calcaires massifs a révélé un wackstone biomicritique à orbitolines et lamellibranches (Fig. 48).

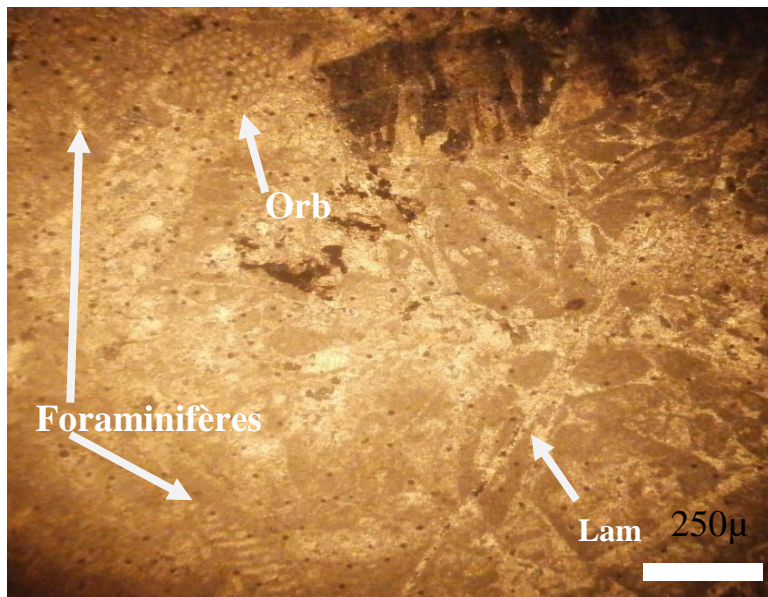


Fig. 48 : Wackestone à débris d'orbitolines et lamellibranches. obj. x 2,5 (LN).

Quant aux calcaires surmontant les marnes barrémiennes, l'examen microscopique a permis de reconnaître un Packstone à milioles et à gastéropodes (Fig. 49 et 50).

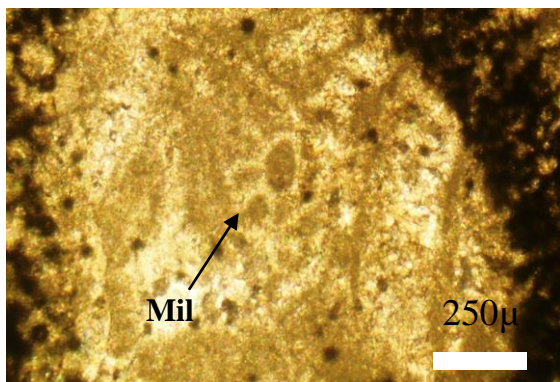


Fig. 49 : Packstone à milioles. obj. x 2,5 (LN).

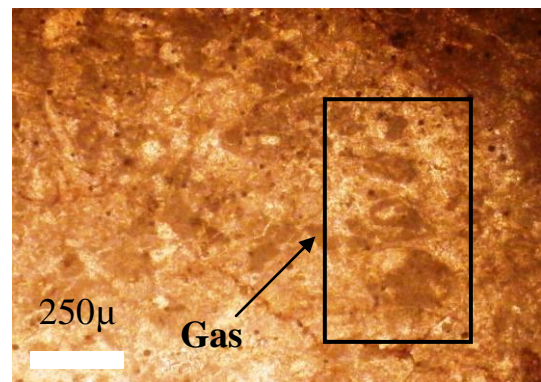


Fig. 50 : Packstone à gastéropodes. obj. x 2,5 (LN).

Les observations macroscopiques et microscopiques de la série barrémienne nous poussent à penser que les calcaires massifs qui constituent la base de la série représentent une sédimentation caractéristique de la plate forme interne. Les marnes, qui reposent sur ces calcaires massifs, traduisent un changement de milieu de sédimentation qui correspondrait à celui du bassin. Ensuite, le milieu de dépôt passe du bassin à un milieu de plate-forme externe, plus précisément de barrière, caractérisé par les calcaires bioclastiques à débris de rudistes et de gastéropodes.

V-15-4- L'Aptien :

L'Aptien est représenté par des calcaires fins, gris blancs, à orbitolines et riches en microfaune benthique avec une prédominance de milioles (Fig. 51, 52 et 53). Ces calcaires, qui présentent des phénomènes de dissolution (Fig. 54), traduisent une sédimentation de type plate-forme interne. L'ensemble aptien se termine par une surface durcie qui peut être observée, quand les conditions d'affleurement le permettent, dans tous les massifs qui constituent les monts d'Aïn M'lila. Cette surface durcie, d'origine sédimentaire, traduit une émergence du môle néritique à cette époque (Chadi, 1991).

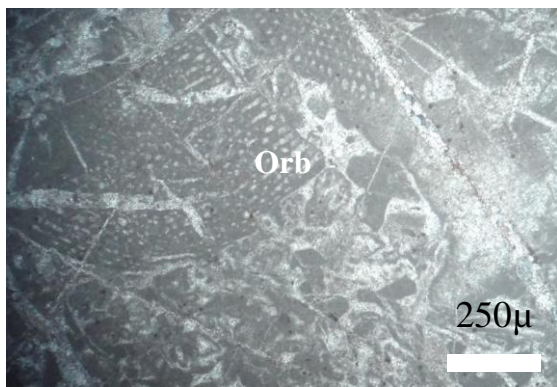


Fig. 51 : Packstone à orbitolines.
obj. x 2,5 (LN).

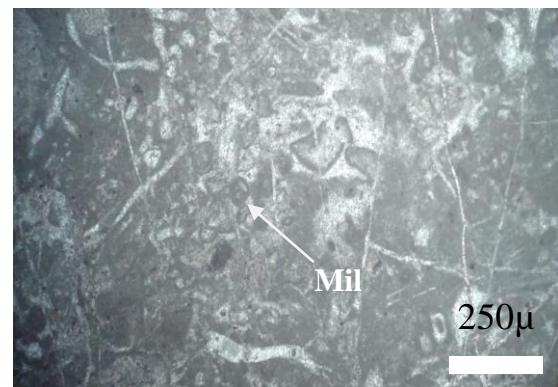


Fig. 52 : Packstone à milioles à
bordures micritisées.
obj. x 2,5 (LN).

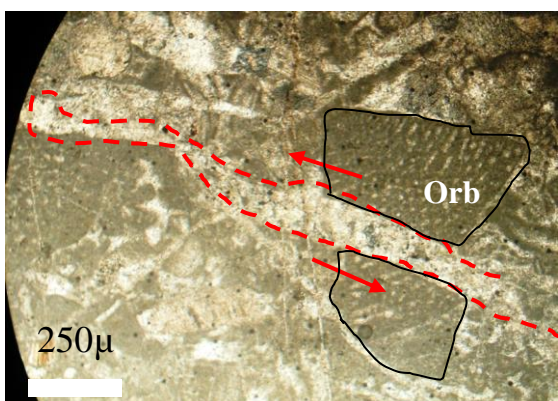


Fig. 53 : Orbitoline traversée par
un micro-cisaillement senestre.
obj. x 2,5 (LN).

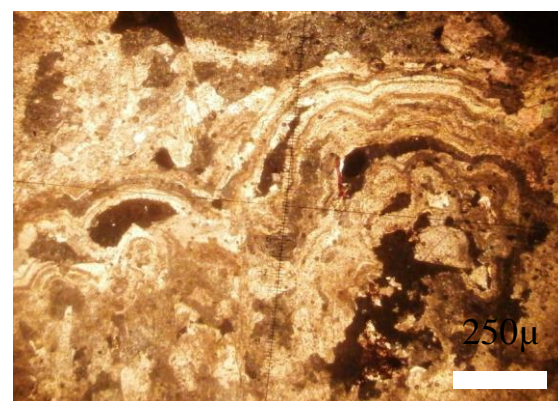


Fig. 54 : Dissolution collomorphe.
obj. x 2,5 (LN).

V-15-5- L'Albien :

L'Albien est caractérisé par des calcaires souvent gréseux. Ces formations ont été rapportées, systématiquement, à l'Albien par B. C. Bär (1957). Alors que l'âge de ces calcaires ainsi que leur influence gréseuse a été contesté par C. Voûte (1967), qui parle d'une lacune stratigraphique due à la régression marine qu'a connue la région à la fin de l'Aptien.

Les calcaires gréseux albiens traduisent une sédimentation de plate-forme interne.

V-15-6- Le Cénomaniens :

Les formations cénomaniennes reposent avec une discordance angulaire sur celles du Crétacé inférieur. La base du Cénomaniens est caractérisée par une sédimentation à influence néritique représentée par des calcaires récifaux blancs à ammonites et oursins. Sur ces calcaires viennent se poser des marnes jaunes indiquant un changement radical de sédimentation qui, de néritique, devient pélagique à la fin du Cénomaniens.

Ces deux types de faciès montrent une sédimentation allant du domaine de plate-forme externe, plus précisément de celui de barrière, à un domaine de bassin.

V-15-7- Le Sénonien :

Le sénonien est caractérisé par des marnes jaunes, à huitres et inocérames, intercalés avec des calcaires jaunâtres, à foraminifères benthiques, et de grès.

La sédimentation sénonienne, essentiellement marneuse et qui renferme des foraminifères benthiques, est une sédimentation à la fois de haute mer et aussi de pente du domaine de bassin.

V-15-8- L'Eocène :

Les dépôts éocènes sont constitués de marnes noires à intercalations de calcaires marno-siliceux à nummulites.

Les marnes éocènes correspondent à une sédimentation de bassin alors que les calcaires marno-siliceux reflètent un milieu de haute mer appartenant au domaine de plate-forme externe.

V-15-9- L'Oligocène :

L'Oligocène est caractérisé par une sédimentation de bassin, il s'agit de marnes intercalées avec des grés quartzeux.

V-15-10- Le Pliocène :

Le Pliocène du massif de Teioualt est marneux, ce qui correspond à un dépôt de bassin.

V-16- Description des phénomènes diagénétiques reconnus :

L'examen des lames minces des échantillons prélevés du terrain d'étude a conduit à l'observation des phénomènes diagénétiques suivants :

1- La compaction :

L'accumulation et l'enfouissement des sédiments conduit à leur compaction. Cette compaction est variable selon la nature des roches.

Les formations rencontrées au massif de Teioualt sont essentiellement carbonatées. L'effet de la compaction sur ces formations se présente sous forme de joints stylolitiques (Fig. 55).

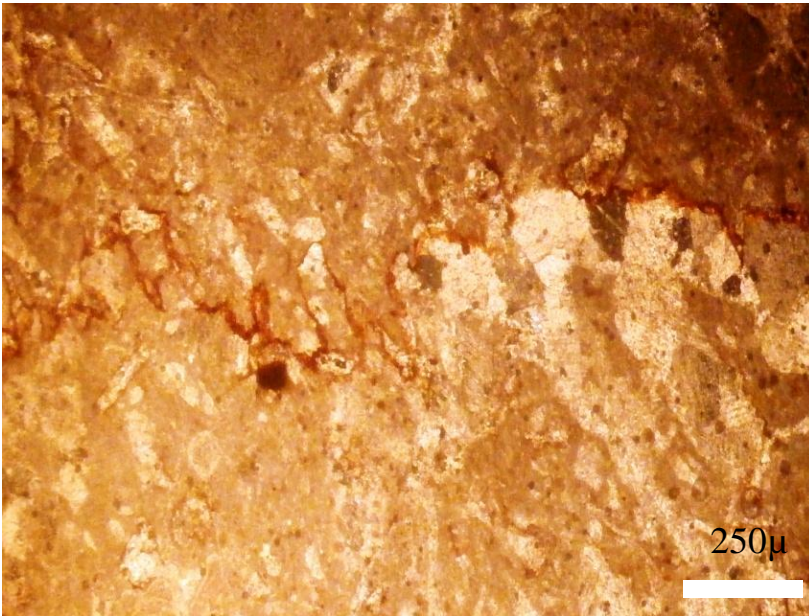


Fig. 55 : Joints stylolithiques dans un wackestone.
obj. x 2,5 (LN).

2- La cimentation :

Le principal ciment existant au sein des différents calcaires examinés est le ciment calcitique. Ce ciment se présente essentiellement sous forme de micrite qui apparaît sombre au microscope (Fig. 56) et qui s'observe, généralement, autour des éléments figurés et se concentre dans les vides (Fig. 52). Les fractures sont remplies par de la calcite, et d'un degré moindre par les oxydes de fer qui apparaissent rouges et soulignent aussi les stylolithes (Fig. 55). Cette ferrugénisation est plus accentuée au sommet de la série aptienne au niveau de la surface durcie.

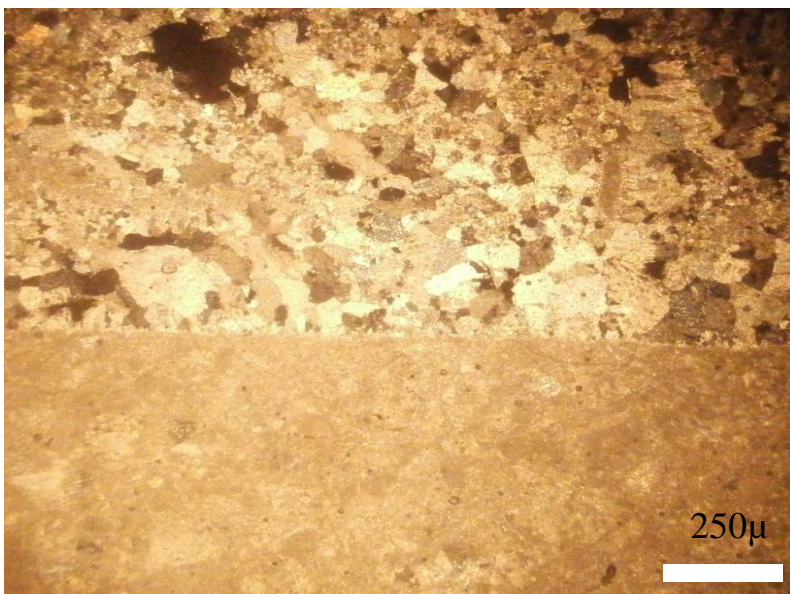


Fig. 56 : Microfaille séparant un calcaire sparitique d'un calcaire micritique.
obj. x 2,5 (LN).

3- La dissolution :

Le phénomène de dissolution est surtout répandu au niveau de la surface durcie aptienne. Elle affecte surtout les coquilles et les débris de coquilles de rudistes quand elles se trouvent dans un environnement sédimentaire où l'aragonite est instable (zone vadose par exemple) (Chadi, 1991). Les cavités alors ont pris naissance et ont été comblées de micrite et de cristaux de pyrite (Chadi, 1991).

4- La silicification :

Les calcaires siliceux sont rencontrés à l'Eocène. Cette silicification peut provenir de plusieurs sources telles que :

- Les eaux connées (eaux interstitielles minéralisées) chargées en éléments expulsés des argiles colmatant les karsts.
- La dissolution des spicules d'éponges.
- Le milieu marin ouvert (riche en silice sous forme soluble).

5- La Dolomitisation :

Le phénomène de dolomitisation apparaît dans les calcaires hauteriviens où la dolomitisation recoupe la stratification et envahit ces calcaires par bouffées irrégulières. Quant aux dolomies valanginiennes, la subsistance de traces de micrite dans le ciment, ainsi que des traces de fossiles, indique que ce sont des dolomies secondaires résultant de la dolomitisation des calcaires (Fig. 41).

6- La dédolomitisation :

Un phénomène de dédolomitisation a été remarqué dans les calcaires aptiens suite à l'examen microscopique des échantillons de ce faciès (Chadi, 1991). En effet, les lames

minces ont montré que cet ensemble calcaire est parsemé de nombreuses plages rhomboédriques dédolomités et qui se présentent sous deux formes (Chadi, 1991) :

- Des rhomboèdres à limites diffusées et transformées en calcite monocristalline ou en mosaïque. La calcite est imprégnée par des oxydes de fer qui soulignent les clivages des rhomboèdres calcitisés.
- Des rhomboèdres vides ou légèrement tapissés par une frange de calcite non ferrifère.

V-17- Chronologie des phénomènes diagénétiques :

Afin de retracer la chronologie des différents phénomènes diagénétiques rencontrés dans notre terrain d'étude, on a fait appel à la nomenclature de Choquette et Pray (1970).

Les transformations diagénétiques observées peuvent être regroupées en trois phases (Tableau 5) :

1. Diagenèse précoce « Eogenèse » : marquée par la cimentation calcitique des calcaires et la micritisation des éléments figurées.
2. Diagenèse d'enfouissement « Mésogenèse » : marquée par la compaction (stylolites), la silicification, la dolomitisation et la dédolomitisation.
3. Diagenèse d'émersion « Télodiagenèse » : caractérisée par la fracturation, la circulation des eaux acides et agressives, la dissolution, Le remplissage calcitique des fractures, l'oxydation suivie par un remplissage ferrugineux des fractures.

Phases diagénétiques	Chronologie des phénomènes diagénétiques
Eogenèse (Diagenèse précoce)	Micritisation Ciments synsédimentaires
Mésodiagenèse (Diagenèse d'enfouissement)	Compaction Silicification Dolomitisation Dédolomitisation
Télo-diagenèse (Diagenèse d'émersion)	Fracturation Circulation des eaux acides et agressives Dissolution Remplissage calcitique des fractures Oxydation Remplissage ferrugineux des fractures

Tableau 5 – Chronologie des phénomènes diagénétiques du massif de Teioualt (Monts d'Aïn M'lila)

V-18- Conclusion :

L'étude sédimentaire, avec ses observations macroscopiques et microscopiques, des différents faciès de la série étudiée nous a permis de retracer l'évolution sédimentologique et paléogéographique des formations du massif de Teioualt qui fait partie, à son tour, des monts d'Aïn M'lila.

Quant aux carbonates, on a eu à faire, d'une part à des formations calcaires et d'autre part à des dolomies. La détermination du milieu de sédimentation a été plus aisée dans les calcaires car ils renferment des associations faunistiques sur lesquelles on s'est basé pour déterminer le milieu de dépôt.

Excepté les faciès post-cénoamaniens où la sédimentation passe, essentiellement, de celle de plate-forme à une sédimentation de bassin, les milieux de dépôt, tels qu'ils ont pu être reconstitués par l'analyse minutieuse des faciès et microfaciès, appartiennent pour la plupart aux domaines de plate-forme sur lesquels on peut définir plusieurs environnements paléogéographiques :

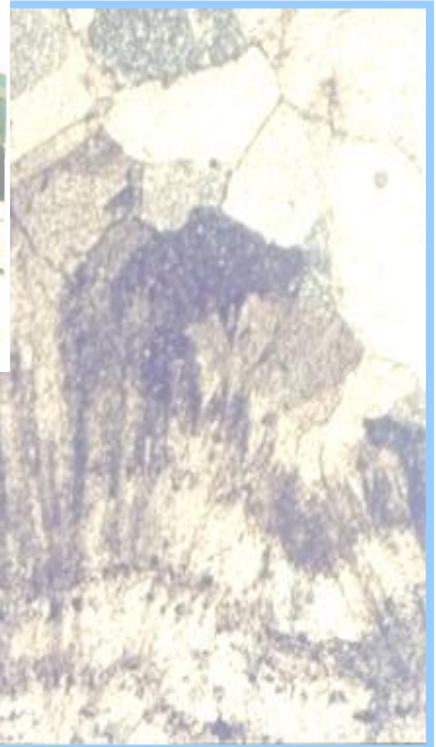
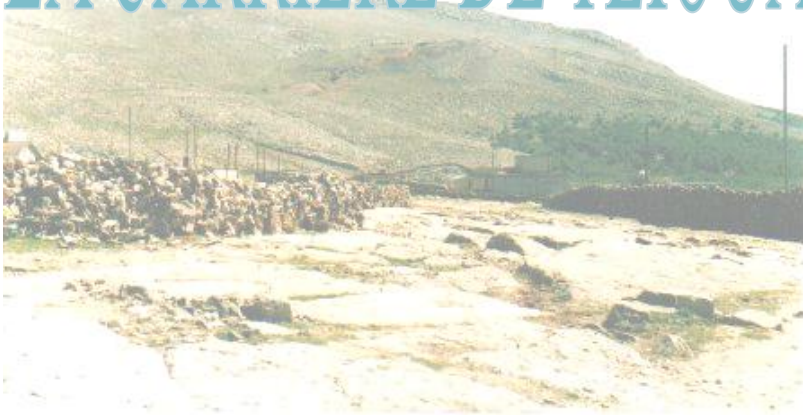
- Un domaine de plate-forme interne, assez calme, dont les faciès appartiennent à un milieu qui s'étend de l'intertidal au subtidal et dans lesquels vivaient des foraminifères benthiques, des orbitolines et des algues.
- Un domaine de plate-forme externe dont les faciès appartiennent à un milieu de barrière et qui sont marqués par des calcaires bioclastiques à rudistes, polypiers, gastéropodes, ammonites... etc.
- Un domaine de plate-forme externe dans lequel se développent des faciès de haute mer caractérisés par la silicification des calcaires riches en nummulites et en foraminifères benthiques.

Les dépôts post-cénomaniens sont marqués par une présence marneuse, ce qui traduit un changement de sédimentation allant du domaine de plate-forme à un domaine de bassin.

De point de vue diagénétique, les sédiments carbonatés de notre région d'étude ont subi trois phases de transformation diagénétique : Une diagenèse précoce « Eogenèse », une diagenèse d'enfouissement « Mésogenèse » et une diagenèse d'émersion « Télodiagenèse ».

CHAPITRE VI

CARRIÈRE DE TEIOUALT LA CARRIÈRE DE TEIOUALT



VI-1- Localisation :

La carrière du Djebel Teioualt est située dans le territoire de la commune d'Ouled Hamla, Wilaya d'Oum El Bouaghi, sur le versant Nord – Est du massif (Fig. 20). Elle occupe une superficie de 270000 m², et se trouve à 15km à l'Ouest d'Aïn M'lila, selon les coordonnées Lambert suivants :

$$X = 834,5 - 835,0$$

$$Y = 314,5 - 315,0$$

VI-2- Particularités infrastructurelles :

La carrière de Teioualt est d'un accès facile aux moyens de transport. Elle est reliée à Tleghma et à Ouled Hamla avec des pistes. A 5km plus au nord on tombe sur la route goudronnée reliant Tleghma à Ouled Hamla. Ain M'lila, qui se trouve à 15km à l'Est, est située sur la route nationale A3 reliant Batna à Constantine (Fig. 57). A 5km au nord, passe une ligne de chemin de fer dont la station la plus proche est la gare de Tleghma (Fig. 58).



Fig. 57 : Localisation de la carrière du djebel Teioualt

VI-3- Hydrographie :

Les cours d'eau, qui limitent la carrière à l'Ouest et à l'Est, entaillent faiblement le relief. Ils ne sont pas larges et ne forment pas de terrasses. D'habitude, les lits des oueds sont secs, seulement, pendant la période des pluies on y voit apparaître de l'eau.



Fig. 58 : Carrière de Teioualt et la ville la plus proche
(Photo prise à 1000m sur dj. Teioualt)

VI-4- Etat actuel de la carrière :

De nos jours, les travaux d'exploitation de la carrière du Djebel Teioualt sont réalisés par ALGRAN, « Algérienne des Granulats », une filiale de l'entreprise minière ENOF : « Entreprise des Non Ferreux » depuis 1980.

VI-5- La matière première exploitée :

L'exploitation de la carrière de Teioualt concerne les dolomies valanginiennes dotés de qualités chimiques appréciables et riches en magnésium.

VI-6- La méthode d'exploitation :

Les travaux d'exploitations se font selon la méthode classique à ciel ouvert par des gradins dont la progression se fait vers le sud, en direction de la butte d'altitude 1051m, à partir du niveau 900m (Fig. 60). La hauteur de chacun de ces gradins est de 12 mètres (Fig. 62). Ces travaux ont aussi traversé des zones, à duretés variables, associées à des fractures ouvertes et contenant des argiles et des sables dolomitiques à grains plus ou moins fins, contenant parfois des fragments de dolomies, dont la composition chimique est voisine de celles des dolomies compactes. Pour accéder aux dolomies saines, il faut souvent curer les parties tendres.

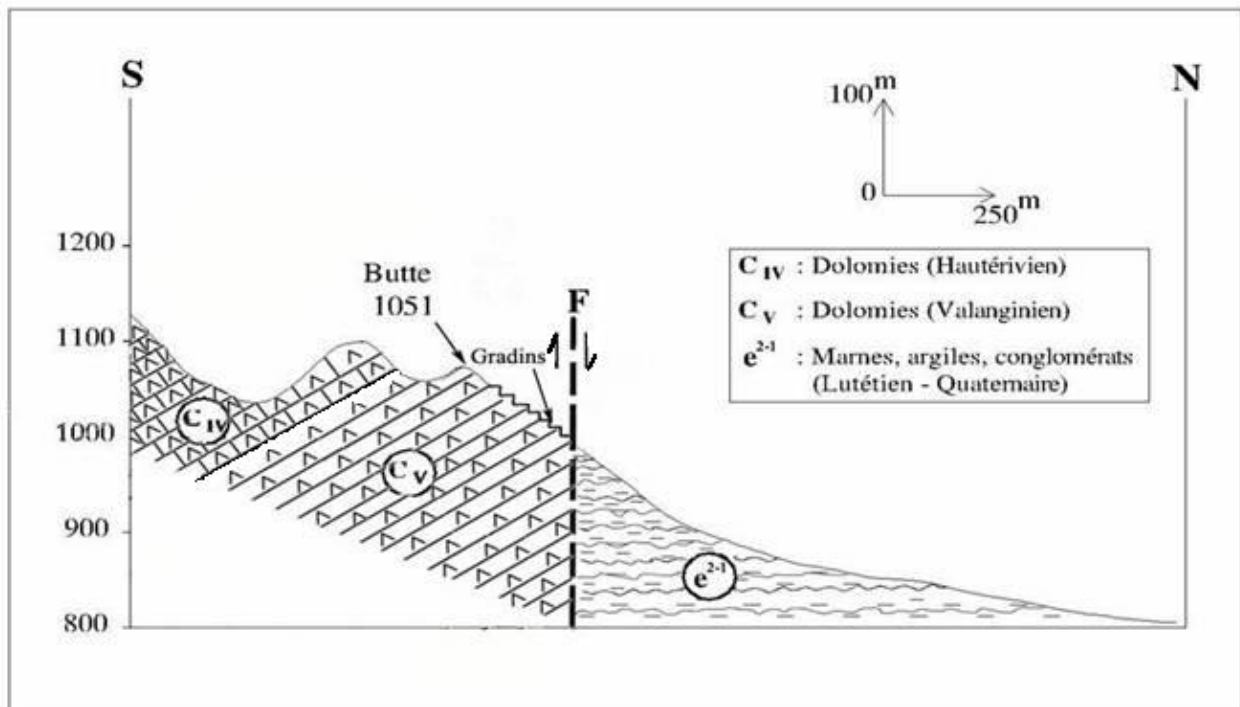


Fig. 59 : Coupe schématique de la carrière de Téioualt
(M. Bouregz, 2011)

Les gradins de la carrière sont réalisés dans les niveaux dolomitiques du Valanginien, juste au contact avec les formations tertio-quaternaires (Fig. 59). Le seul endroit où les talus de la carrière risquent d'avoir des problèmes de stabilité, c'est là où ils sont affectés par la conjugaison de deux décrochements, provoquant une zone d'effondrement et affectant au moins deux gradins. Ces fractures marquent une séparation entre les dolomies blanchâtres et les dolomies gris-sombres (Fig. 61).



Fig. 60 : Les gradins de la carrière de Teioualt

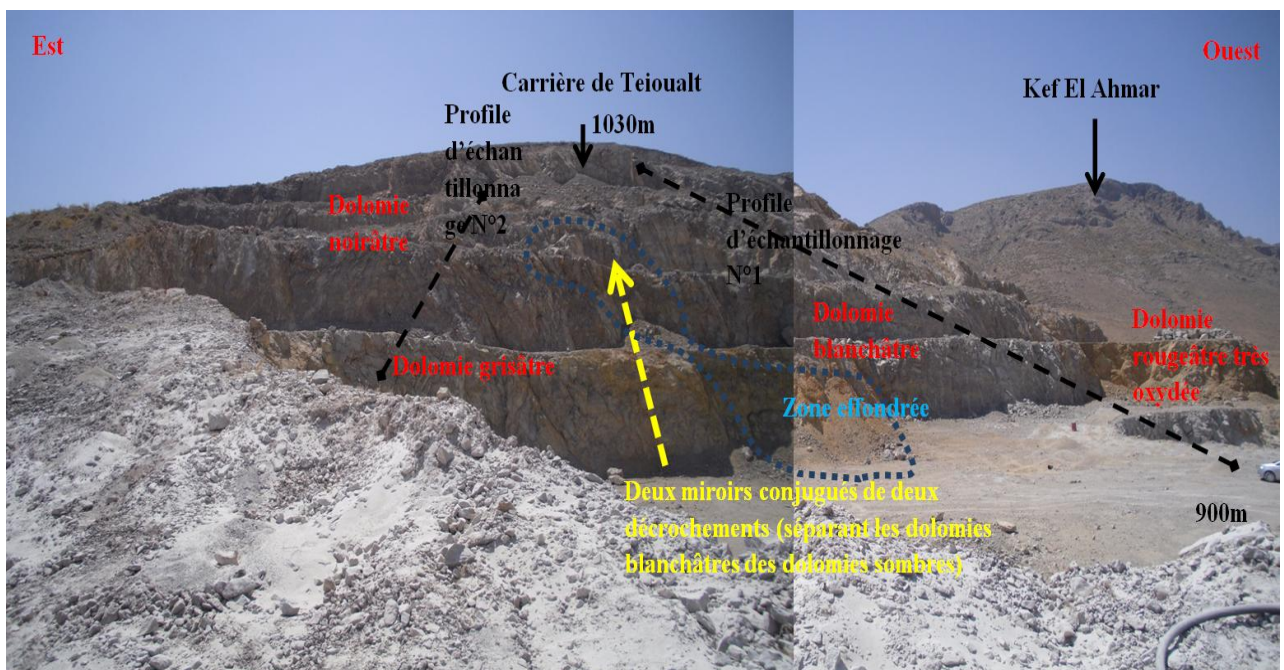


Fig. 61 : Variation d'Ouest en Est des dolomies du massif de Teioualt

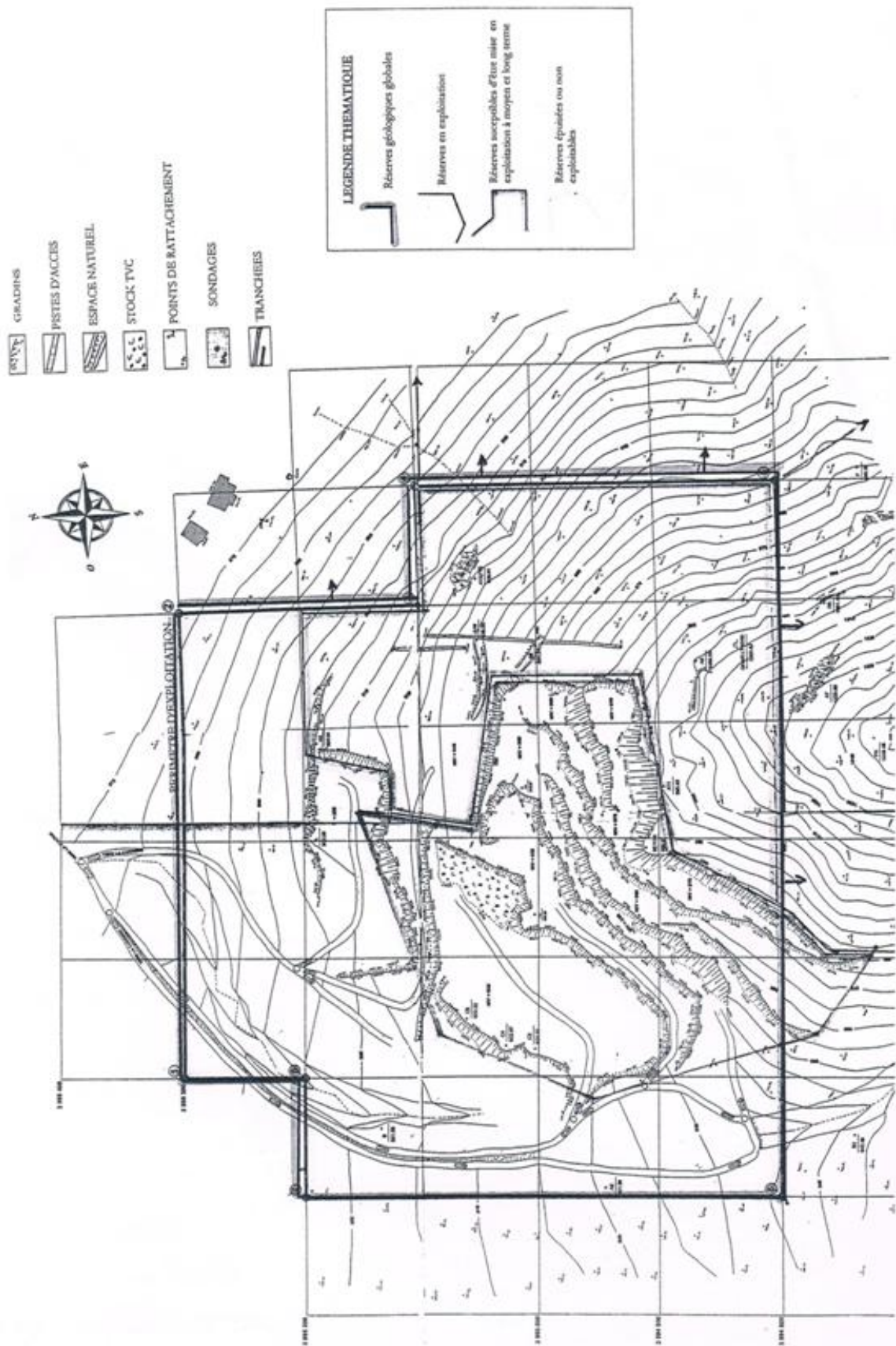
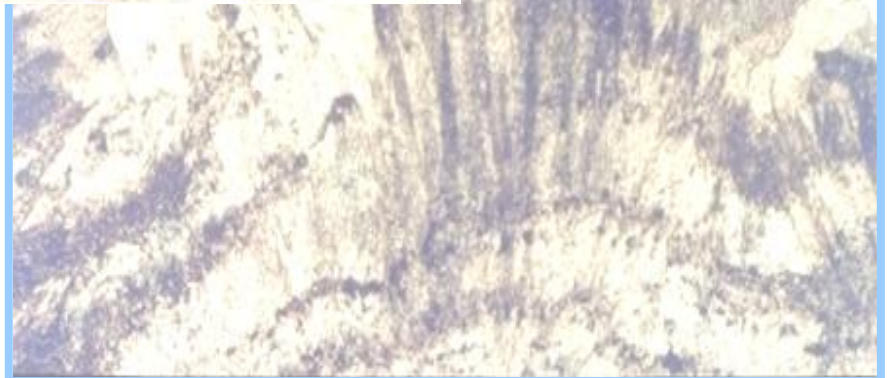
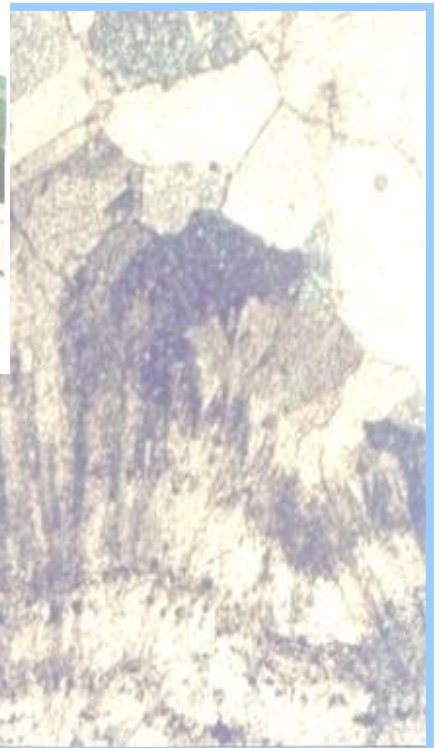
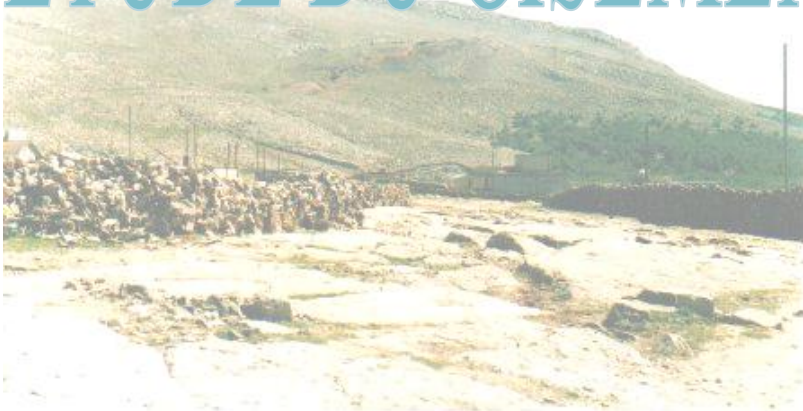


Fig. 62 : Plan de la carrière de Teioualt au 1/1000 (ALGRAN, 2014)

CHAPITRE VII

ETUDE DU GISEMENT



VII-1- Introduction :

Sur le plan industriel, Les dolomies du djebel Teioualt, qui forment une puissante série d'une épaisseur avoisinant les 700m, constituent un important gisement d'exploitation. Elles ont été l'objet d'une exploitation, et cela depuis 1980, vu leurs propriétés physiques, mécaniques et aussi chimiques. Ces dolomies sont utilisées dans divers domaines industriels et servent de matière première dans la production des réfractaires, des liants et des isolants thermiques. Elles sont utilisées dans la métallurgie, l'industrie chimique, la verrerie, dans la céramique et certaines autres industries.

VII-2- caractéristiques géologiques du gisement :

Le gisement du djebel Teioualt est constitué essentiellement de dolomies valanginiennes (Crétacé inférieur) d'une épaisseur exploitable dépassant les 153m en relief positif. La stratification des niveaux dolomitiques est orientée Est – Ouest avec un pendage allant de 25° à plus de 50° vers le Sud. Elle est parfois marquée par des joints de stratification, peu épais, marno – argileux.

Ces dolomies sont de couleurs blanchâtre, rougeâtre et surtout grise à noirâtre (Fig. 24). Elles sont poreuses et montrent une présence de cavernes de formes irrégulières (Fig. 34 et Fig. 66). Les dimensions de ces cavernes varient de quelques millimètres à des dizaines de centimètres. Leurs formes sont très variées, souvent ovales, avec des contours irréguliers et elles sont allongées suivant la stratification. Les dolomies du massif de Teioualt sont parfois massives et denses avec une porosité moyenne estimée à 6,80% (Sonarem, 1977) (Tableau 9). Elles apparaissent parfois, dans les zones karstiques de la carrière, relativement tendres formant des « boules » d'une taille de plusieurs centimètres (Fig. 63).

Les cavernes des dolomies valanginiennes sont vides, mais quelques fois on observe de fins encroutements de cristaux brillants de dolomite déposée sur leurs parois.



Fig. 63 : Dolomie en « boules » présente dans les poches karstiques

La couleur rougeâtre des dolomies est due à la tectonique cassante qui favorise la circulation des eaux, et par conséquent, la dissolution et le départ des éléments solubles ainsi que l'accumulation des oxydes de fer dans les fractures. Les dolomies oxydées représentent environ 10% du gisement de Teioualt. Elles sont utilisées pour la production des agrégats (Fig. 64).



Fig. 64 : Dolomies rougeâtres très oxydées et très fracturées

Dans la partie Ouest du massif de Teioualt on rencontre des dolomies blanchâtres, grenues et vacuolaires (Fig. 65 et 66). Elles ressemblent, par leur aspect, aux grès, sauf qu'elles ne rayent pas le métal. L'extension de ces dolomies est stoppée par des accidents (Fig. 67). Les dolomies blanchâtres représentent environ 35% du gisement de Teioualt (Tableaux 11 et 12).



Fig. 65 : Dolomies blanchâtres à l'Ouest du dj. Teioualt à 980m



Fig. 66 : Dolomie blanchâtre vacuolaire au toucher rugueux

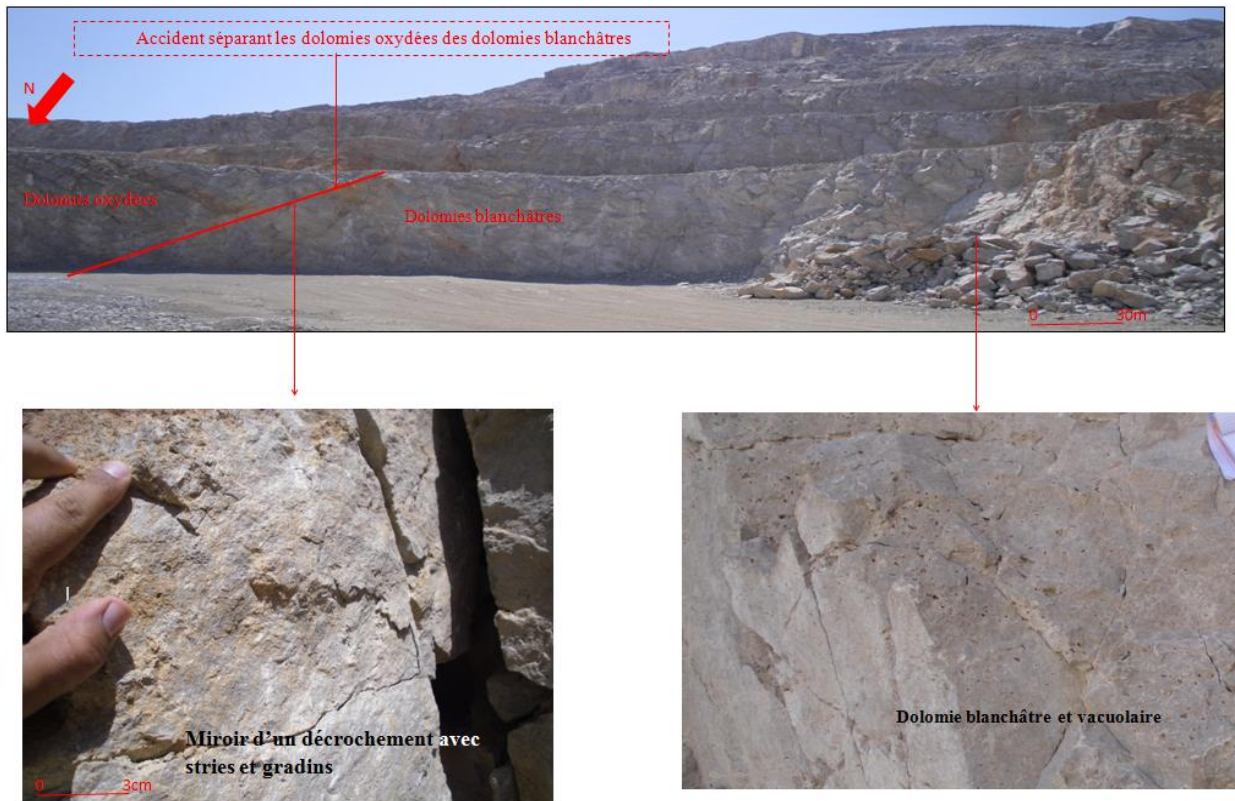


Fig. 67 : Rôle de la tectonique dans la variation des dolomies

Vers l'Est du massif de Teioualt, les accidents marquent le début d'un faciès de dolomies de couleur gris-sombres. Plus on progresse vers le sommet du massif, plus la couleur de ces dolomies devient de plus en plus foncée, jusqu'à ce qu'elle devienne noirâtre (Fig. 24). Ces dolomies représentent environ 45% du gisement.

La tectonique est peu prononcée dans les limites de la carrière. Elle se manifeste surtout sous forme de décrochements (Fig. 27). Par contre, les accidents qui affectent les dolomies, les déforment et montrent une intense fracturation accompagnée par une forte oxydation (Fig. 28).

VII-3- Estimation des réserves :

Au démarrage des travaux de prospection du site du djebel Teioualt, l'objectif était de mettre en évidence un gisement de dolomie de haute qualité qui pourrait servir de matière première dans plusieurs domaines industriels. Les études géologiques et géotechniques ont

permis l'élaboration d'un zoning définissant le meilleur choix d'ouverture et d'exploitation du gisement ; ainsi, on a pu conclure que le gisement est exploitable sur la totalité de ses réserves récupérables. Aussi, ces études ont permis une estimation de réserves géologiques en dolomie dépassant les dix huit millions de tonnes (6925616m^3) (Tableau 6).

Les réserves géologiques ont été calculées par la méthode de sections verticales parallèles. Pour cela, des sondages ont été effectués d'après une maille de 50 x 100m. Ces sondages recoupent l'assise utile sur toute sa puissance. Les profils de prospection ont été considérés comme lignes de sections. Le plan topographique et les coupes lithologiques ont servi de base au calcul des superficies. Le volume des réserves est calculé comme étant le produit de la somme des superficies de l'assise utile, multiplié par la moitié de la distance entre les sections. Comme l'indique la formule suivante :

$$V_{RG} = \sum V_{RGm} = \sum [(S_{ngm} + S_{(n+1)gm}) \cdot D_n / 2]$$

V_{RG} : Réserves géologiques.

V_{RGm} : Réserves géologiques du gradin m.

S : Section transversale du gisement.

n : Numéro de la section.

gm : Gradin m.

D_n : Intervalle entre deux sections S_n et $S_{(n+1)}$.

Paramètres	Superficie (m ²)	H (m)	Réserves géologiques (m ³)	Réserves exploitables (m ³)
Valeurs	270000	153	6925616	5106107

Tableau 6 – Valeurs des différents paramètres du gisement de Teioualt (Algran, 2014)

Le calcul des réserves géologiques du gisement du Djebel Teioualt a donné comme résultats :

- Réserves géologiques : $V_{RG} = 6925616 \text{ m}^3$.
- Réserves inexploitable : $V_{inexT} = 1819509 \text{ m}^3$.
- Réserves exploitables : $R_{ex} = 5106107 \text{ m}^3$.

Comme le poids volumique de la dolomie est de 2,64 tonnes / m^3 , les réserves en tonnes du gisement dolomitique du massif de Teioualt seront :

- Réserves géologiques : $V_{RG} = 6925616 \text{ m}^3 \cdot 2,64 = 18283626 \text{ tonnes}$.
- Réserves inexploitable : $V_{inexT} = 1819509 \text{ m}^3 \cdot 2,64 = 4803504 \text{ tonnes}$.
- Réserves exploitables : $R_{ex} = 5106107 \text{ m}^3 \cdot 2,64 = 13480122 \text{ tonnes}$.

A la cadence de l'exploitation adoptée jusqu'à l'heure actuelle, la production de granulats dolomitiques, tous usages confondus, tourne autour de 100.000 tonnes par an. Il reste encore en place des réserves appréciables de dolomies exploitables qu'il est possible de valoriser davantage, notamment, la possibilité d'ajouter les potentialités du site voisin de Kef El Ahmar (Fig. 68).

VII-4- Données de la campagne de prospection de 1975 :

En 1975, la division de recherches de Sonarem a lancé une campagne de prospection sur les dolomies du djebel Teioualt. Cette campagne a été exécutée en deux étapes :

- La première étape consistait en la détermination de la structure géologique du chantier, la mise en évidence des accidents cassants, l'étude du caractère karstique des dolomies, la détermination de leurs caractéristiques chimiques ainsi que la désignation des points d'implantation des sondages. Pour cela, un levé géophysique par méthode électrique (SAV), ainsi que des prélèvements d'échantillons, à partir de tranchées et sur les affleurements, ont été réalisés.
- La deuxième étape des travaux de prospection a consisté en la précision de la géologie du chantier, ainsi qu'à l'appréciation de la qualité des dolomies exploitables à l'aide

de sondages profonds et de l'étude des carottes (au total, 9 forages ont été réalisés ayant des profondeurs allant de 30m à 90m) (Tableau. 7) et (Annexe 2).

- Analyses chimiques :

Les analyses chimiques effectuées au laboratoire de Sonarem, sur les échantillons (qui étaient au nombre de 277) prélevés à partir de saignées, tranchées de surface et de 09 sondages profonds, ont permis de définir des teneurs en CaO, MgO, SiO₂, Fe₂O₃ et Al₂O₃ (les deux derniers ont été regroupés sous le terme de R₂O₃). 33 de ces échantillons ont révélé des teneurs en P₂O₅ et SO₃. Les 28 échantillons prélevés au niveau du sondage n°8 ont révélé des teneurs en Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O et K₂O (Tableau 8) et (Annexes n°3 et 4).

Points	Coordonnées : Lambert Nord Algérie		Cotes
	X	Y	Z
Sondage S1	834 542,0	314 755,0	934,3
Sondage S2	834 456,6	314 724,0	943,8
Sondage S3	834 541,8	314 683,7	956,8
Sondage S4	834 634,2	314 658,8	936,0
Sondage S5	834 737,2	314 750,4	935,6
Sondage S6	834 740,0	314 707,8	952,4
Sondage S7	834 638,6	314 708,3	963,7
Sondage S8	834 638,4	314 708,3	963,7
Sondage S9	834 740,8	314 642,2	976,4
Tranchée Tr1	834 536,0	314 604,0	970,7
Tranchée Tr2	834 744,6	314 695,0	958,0

Tableau 7 – Coordonnées des sondages et des tranchés réalisés (Sonarem, 1977)

Groupe d'échantillons	Groupe 1					Groupe 2		Groupe 3			
Nombre d'échantillons	277					33		28			
Analyses	CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	P.A.F	P ₂ O ₅	SO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Min %	29,19	19,6	0,02	0,01	44,65	<0,04	<0,23	0,01	0,05	<0,05	<0,07
Max %	31,91	21,86	2,74	2,50	47,72	<0,04	<0,23	0,30	0,55	<0,05	<0,07
Moy %	30,87	21,13	0,36	0,60	46,64	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

$R_2O_3 = Fe_2O_3 + Al_2O_3$ - (n.a. = non applicable).

Tableau 8 - Analyses chimiques des dolomies de Teioualt (Sonarem, 1977)

- Essais physico-mécaniques :

Des essais physiques ont été réalisés sur 9 échantillons de dolomies, prélevés d'intervalles ciblés de cinq sondages profonds. Ces essais ont révélé les propriétés physico-mécaniques suivantes :

	Poids spécifique (g/cm ³)	Masse Volumique (kg/m ³)	Porosité (%)	Absorption d'eau (%)
Valeurs	2.86 à 2.95	2590 à 2776	3.61 à 10.69	0.40 à 1.12
Moyenne	2.89	2696	6.80	0.72

Tableau 9 - Paramètres physiques des dolomies de Teioualt (Sonarem, 1977)

VII-5- Données de l'étude de 2008 :

Dans le cadre d'une étude traitant les cas d'applications de certaines roches industrielles dans le Nord-Est algérien, un échantillonnage sommaire a été effectué au niveau de la carrière de Teioualt ainsi que sur le flanc N-E de Kef El-Ahmar, situé à environ 1km à l'Ouest de cette carrière (Fig. 20) (Bourezg, 2011).

Au niveau de la carrière, l'échantillonnage a été effectué en recoupant les différents niveaux d'exploitation d'une façon, plus ou moins, perpendiculaire à la stratification. Ces échantillons ont été prélevés entre le niveau de base (900m) au nord et la bute 1051m située à plus de 150m au sud du dernier front d'exploitation.

Les échantillons prélevés ont été baptisés TT10a, TT10b, TT11, TT12, TT13, TT14, TT15, TT16, TT17 et TT18, soit un total de dix échantillons. Ils représentent, d'une manière générale, des dolomies assez poreuses, cavernueuses, dont l'intérieur est parfois tapissé de cristaux de dolomite.

Au niveau de Kef El-Ahmar, les prélèvements ont été effectués le long du flanc Nord-Est en remontant la pente du Nord vers le Sud (Fig. 20). La distance entre deux prélèvements est sommairement entre 50 à 100m. Au total, neuf échantillons ont été prélevés et numérotés respectivement comme suit : TT1, TT2, TT3, TT4, TT5, TT6, TT7, TT8 et TT9 (Fig. 68).

Les sept échantillons de TT1 à TT7 ont été prélevés sur un intervalle de 50m à 80m dans des dolomies surmontant une alternance de calcaires et de marnes. Les calcaires sont à grains fins et nettement stratifiés, alors que les marnes renferment des niveaux conglomératiques.

Ces sept premiers échantillons représentent des dolomies grises, dures, assez cavernueuses, montrant des caractères similaires à celles décrites pour la carrière. Alors que l'échantillon TT8 est un calcaire appartenant à des bancs pluri-décamétriques nettement stratifiés. Quant à l'échantillon TT9, il a été prélevé d'un calcaire dolomitique intercalé entre les bancs du faciès que représente l'échantillon TT8 (Fig. 68).

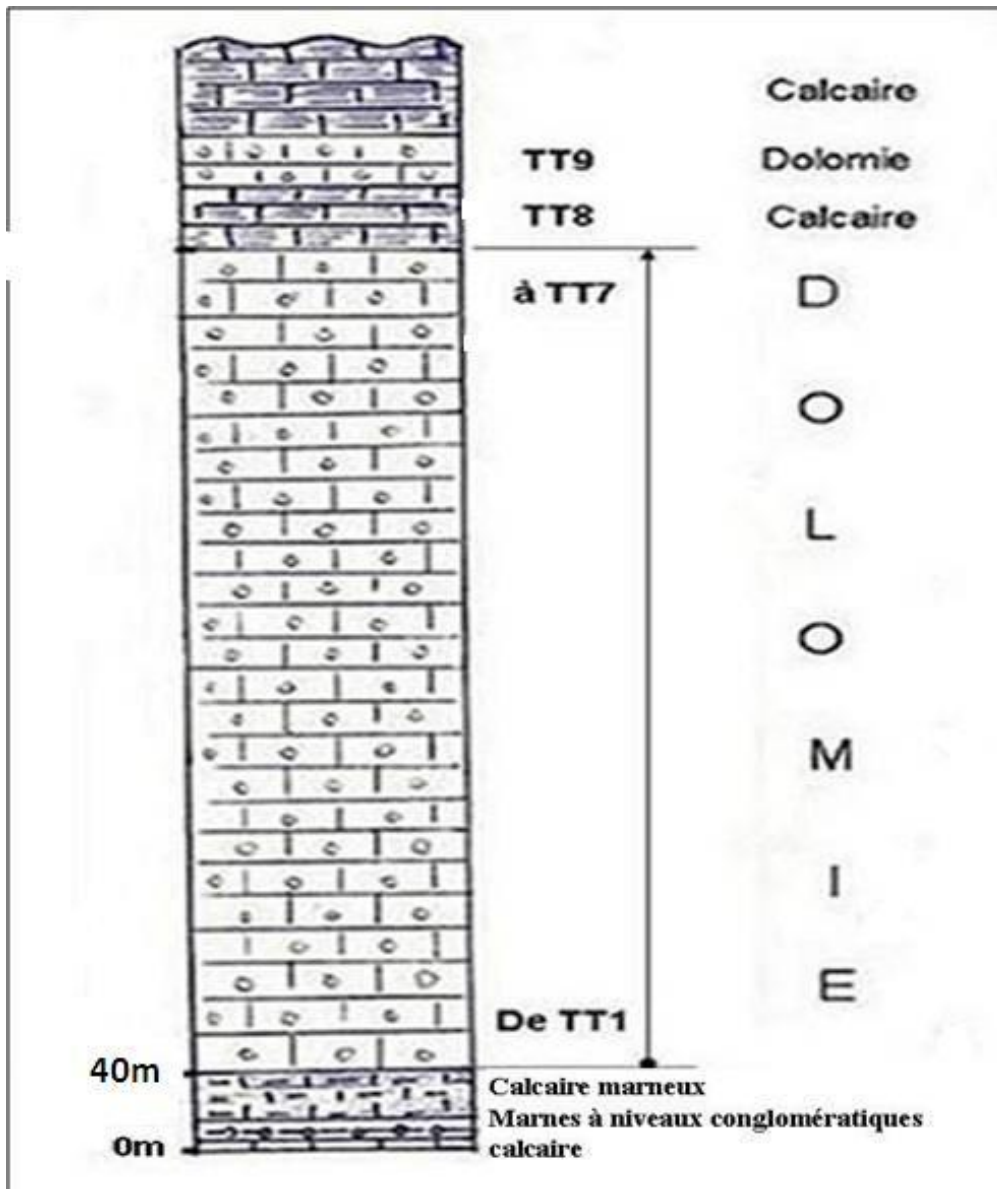


Fig. 68 : Reconstitution lithologique du secteur échantillonné à Kef El-Ahmar (Bourezg, 2011)

Les échantillons prélevés ont été analysés, durant l’année 2008, en Belgique au laboratoire de l’entreprise LHOIST. Selon les modes opératoires en usage chez cette entreprise, les méthodes d’analyses qui ont été appliquées sont la spectrométrie d’absorption atomique (A.A.S.) et la spectrométrie de fluorescence X (X.R.F.). Les résultats obtenus de ces analyses sont rapportés dans le tableau suivant (Tableau 10) :

Site name	Echantillon	Analyses (%)						
		CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO
Kef_El_Ahmar	TT1	31,700	20,400	0,050	0,018	0,240	0,110	0,016
	TT2	31,400	20,900	0,010	0,009	0,050	0,030	0,002
	TT3	31,100	21,100	0,010	0,010	0,050	0,020	0,002
	TT4	31,500	20,600	0,020	0,014	0,230	0,120	0,007
	TT5	31,400	20,700	0,020	0,013	0,250	0,130	0,007
	TT6	31,000	21,200	0,010	0,012	0,050	0,020	0,009
	TT7	32,000	20,400	0,010	0,011	0,050	0,020	0,002
	TT9	31,700	20,600	0,020	0,013	0,100	0,050	0,003
	Moyenne	31,475	20,738	0,019	0,013	0,128	0,063	0,006
	Ecart type	0,328	0,302	0,014	0,003	0,095	0,049	0,005
Carrière de Teioualt	TT10	30,900	21,300	0,040	0,020	0,050	0,040	0,004
	TT11	31,000	21,200	0,010	0,014	0,050	0,030	0,002
	TT12	30,900	21,300	0,010	0,012	0,050	0,020	0,002
	TT13	30,900	21,300	0,010	0,012	0,050	0,020	0,002
	TT14	30,900	21,200	0,010	0,014	0,080	0,050	0,002
	TT15	30,900	21,300	0,010	0,013	0,050	0,020	0,002
	TT16	31,000	21,200	0,010	0,014	0,050	0,030	0,002
	TT17	31,200	21,000	0,010	0,019	0,070	0,050	0,005
	TT18	31,100	21,100	0,010	0,015	0,050	0,030	0,002
	Moyenne	30,978	21,211	0,013	0,015	0,056	0,032	0,002
Ecart type	0,103	0,099	0,009	0,003	0,011	0,011	0,001	

TT8 non compris car résultats non représentatifs

Tableau 10 - Analyses chimiques des dolomies du djebel Teioualt (Lhoist, 2008)

En se basant sur les données de ces analyses chimiques, on pourra mettre en évidence avec quelques diagrammes binaires des tendances corrélatives entre les éléments analysés (Fig. 69).

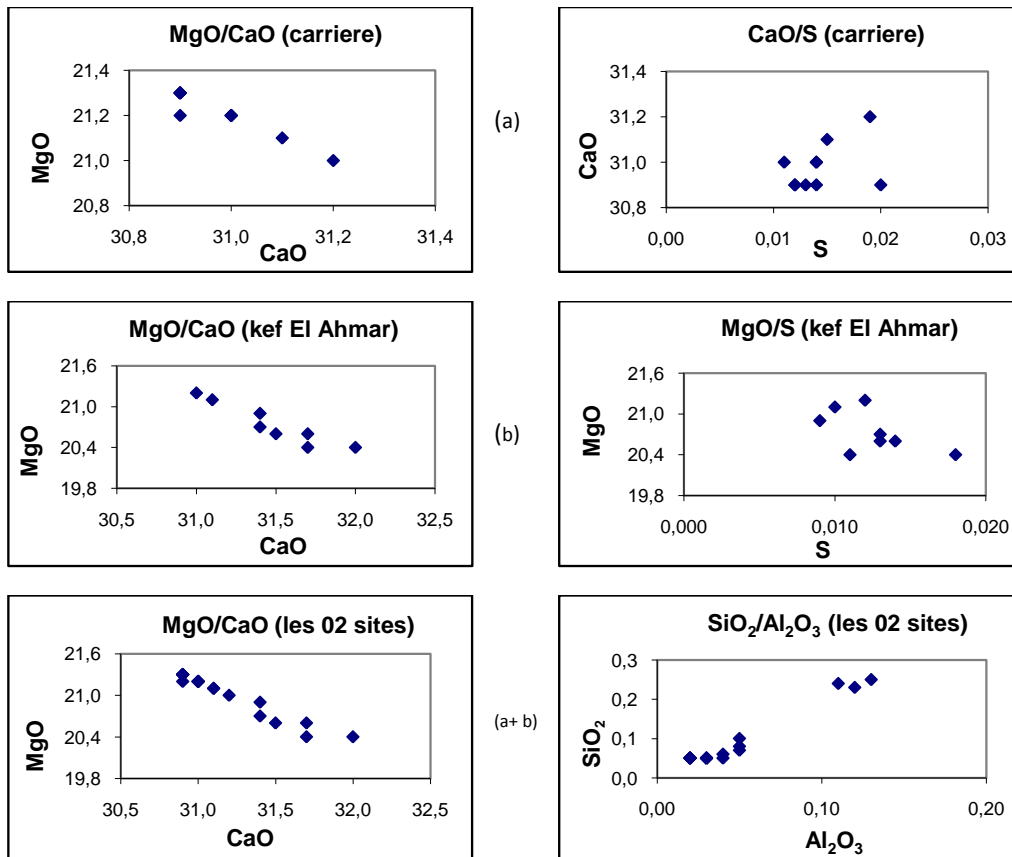


Fig. 69 : Graphiques de corrélation:(a) carrière;(b) Kef El Ahmar; (a+b les deux sites) (Bourezg, 2011)

La corrélation négative entre le Ca et le Mg indique les comportements antagonistes de ces deux éléments dans les dolomies. Une autre, positive, montre au contraire un rapprochement de SiO₂ et Al₂O₃ qui suggère la présence de phases accessoires (argileuses), dues à l'altération affectant ces dolomies. D'autres tendances sont moins significatives en raison du nombre réduit des échantillons.

Ces résultats sont tout à fait analogues aux données obtenues antérieurement. Ils montrent que les dolomies de Téioualt, riches en MgO et pauvres en composants nuisibles (Fe₂O₃, SiO₂, S) sont de bonne qualité. La détermination du comportement thermique de ces dolomies ainsi que la réalisation de quelques tests de cuisson complémentaires sont des actions à entreprendre en laboratoire et qui donneront plus de confirmations sur leurs aptitudes réelles.

VII-6- Données de l'étude de 2012 :

En 2012, le groupe belge LHOIST avait réalisé un ensemble d'analyses thermiques sur les dolomies du massif de Teioualt. Les échantillons qui avaient servi pour l'analyse chimique de 2008, ont été repris et soumis aux analyses thermogravimétriques (ATG) et thermiques différentielles (ATD). Il s'agit de deux groupes d'échantillons composites résultant d'un mélange à parts égales de fragments dolomitiques. Le premier lot, dit « haut fer » correspond aux échantillons TT1, TT4 et TT5, alors que le second, dit « bas fer » correspond aux échantillons TT2, TT3, TT6 et TT7. Le premier groupe d'échantillons est légèrement plus riche en fer que le deuxième (Tableau 10).

Pour la réalisation de ces analyses thermiques, on a réduit les échantillons en poudres fines d'une granularité allant de 0 à 50 μ m suite à une mouture dans un broyeur à disque oscillant (comme ceux destinés aux analyses par XRF). L'appareillage utilisé et les conditions opératoires sont ceux habituellement pratiqués par ce laboratoire pour ce type de manipulations.

Les résultats des analyses de chaque composite sont présentés sous forme de graphes (Fig. 70 et 71). Les principales conditions instrumentales sont indiquées en marge de ces graphes. Citons en particulier les paramètres suivants :

- température de démarrage de la manipulation = 30.8 (°C).
- vitesse de chauffage = 5/100 de minute (mn) avec enregistrement simultané de la perte de poids.
- arrêt de l'expérience après 97mn 30/100 (après arrêt de la perte de poids).

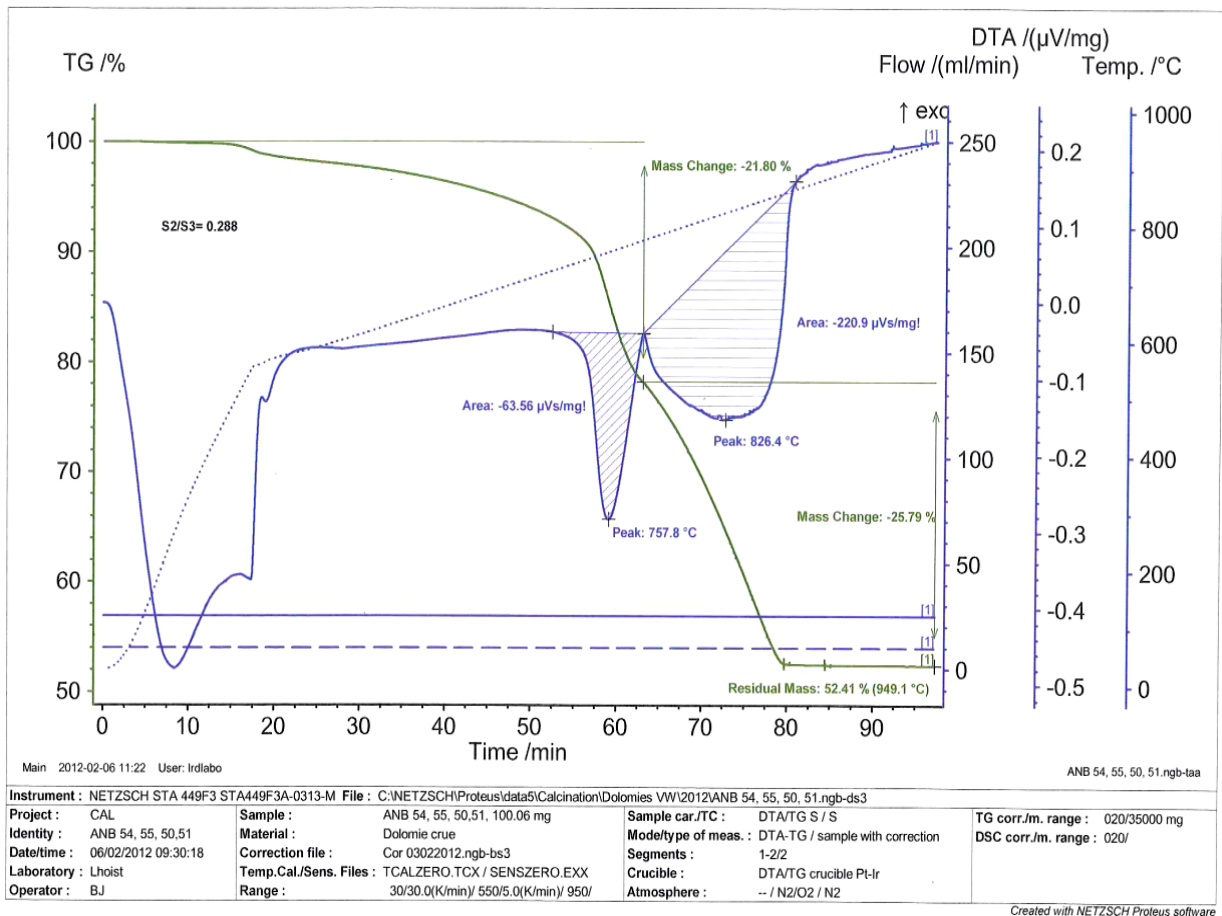


Fig. 70: Courbe ATG-ATD du composite 1 « haut fer » (Lhoist, 2012).

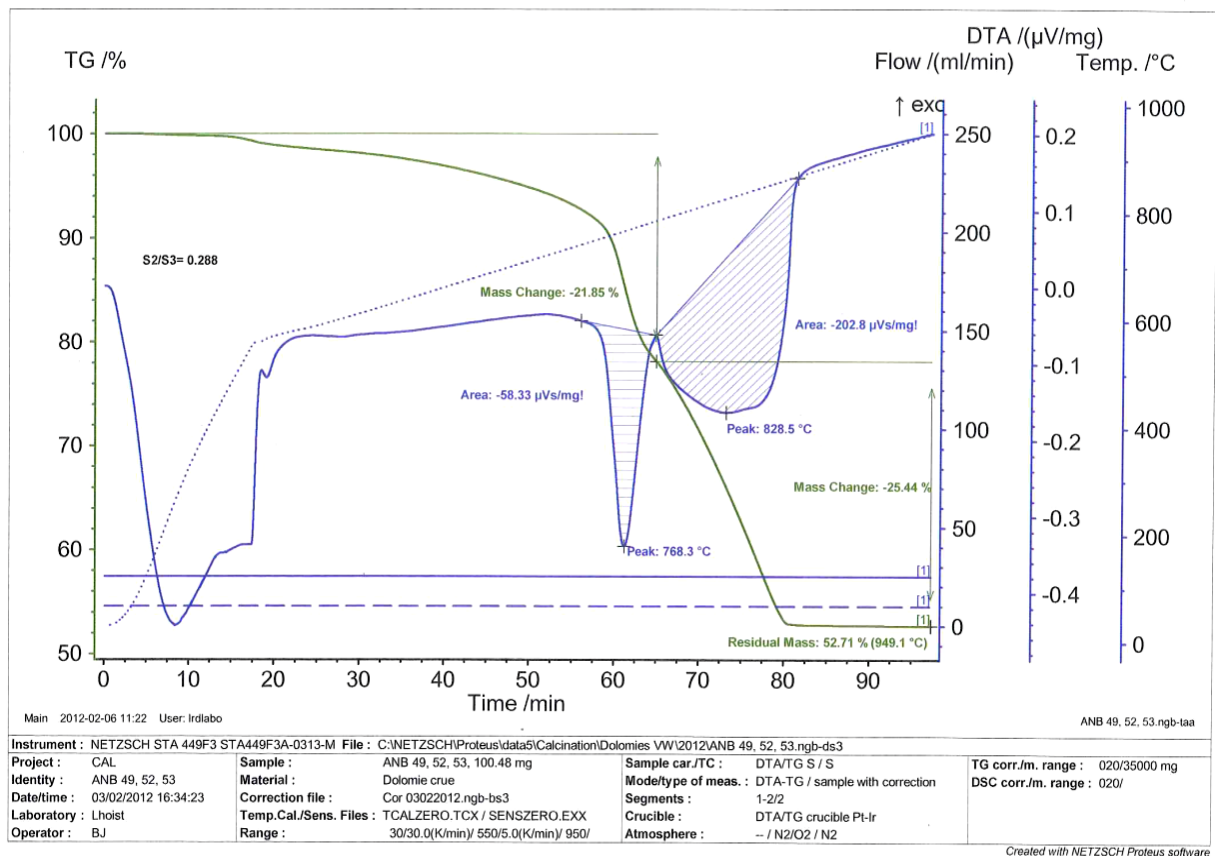


Fig. 71: Courbe ATG-ATD du composite 2 « bas fer » (Lhoist, 2012).

On remarque bien que dans ces graphes figurent différentes courbes et que chaque courbe exprime un paramètre.

- La courbe en pointillés bleus correspond à la montée en température (en °C, axe des ordonnées à l'extrême droite).
- La courbe verte correspond à l'analyse thermogravimétrique (ATG), elle montre bien, en continu en fonction de l'élévation de température, la perte en poids (en %, axe des ordonnées à gauche).
- La courbe continue bleue correspond à l'analyse thermique différentielle (ATD), elle montre bien, en continu en fonction de l'élévation de température, l'absorption d'énergie dans le cas d'une réaction endothermique comme la décarbonatation.

L'ATD confirme la décarbonatation en 2 étapes, typiques des dolomies (Lhoist, 2012) : d'abord $MgCO_3$ respectivement à 758 et 768°C puis $CaCO_3$ respectivement à 826 et 829°C.

On remarque aussi un premier pic plus marqué pour la dolomie du 1^{er} lot « riche en fer » que pour celui du 2^{ème} lot (pauvre en fer).

VII-7- Données de l'étude de 2014 :

En 2014, ALGRAN, l'entreprise exploitant actuellement la carrière de Teioualt, a publié dans ses rapports édités en 2014, les résultats des essais effectués en février 2014, sur un échantillon de la dolomie blanchâtre du massif de Teioualt, au laboratoire liants et béton du groupe G.I.C.A. situé à Bourmerdès.

La nature de ces essais portait sur la détermination du degré de blancheur de la dolomie de Teioualt, par calorimétrie sur une poudre d'échantillon concassé à 5/10mm, ainsi que sur des analyses élémentaires par spectrophotométrie de fluorescence X avant et après la cuisson de l'échantillon. Les résultats obtenus de ces analyses sont rapportés dans les tableaux suivants (Tableau 11 et 12) :

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	P.F.
0,19	0,03	0,02	31,83	21,86	0,15	0,01	0,02	0,01	0,01	45,88
Degré de blancheur = 65,2 %										

Tableau 11 – Degré de blancheur et analyses chimiques d'une dolomie blanchâtre du massif de Teioualt (Algran, 2014)

La blancheur est une propriété importante dans la valorisation des carbonates. Sur le plan esthétique, un bon indice de blancheur permet de relever et de présenter la coloration du produit. Celle-ci est liée à la présence ou non d'éléments colorants, principalement le fer.

La détermination de la blancheur a été réalisée à partir de processus de réflectance. Elle correspond à la réflectance en pourcentage à une longueur d'onde de 400 à 480nm (domaine des longueurs d'onde des bleus). Dans notre cas, la longueur d'onde utilisée était de 470nm.

Composition chimique	Résultats		
	900°C	1000°C	1100°C
SiO ₂	0,08	0,10	0,26
Al ₂ O ₃	0,01	0,02	0,05
Fe ₂ O ₃	0,03	0,04	0,07
CaO	42,61	52,11	57,91
MgO	29,64	36,12	40,04
SO ₃	0,04	0,04	0,05
K ₂ O	0,02	0,01	0,01
Na ₂ O	0,04	0,06	0,02
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,02
TiO ₂	0,02	0,01	0,01
P.F.	27,50	11,48	1,58

Tableau 12 – Analyses chimiques des dolomies du djebel Teioualt après cuisson (Algran, 2014)

VII-8- Interprétation des analyses chimiques :

Avec des teneurs optimales en CaO et MgO (respectivement 30,87% et 21.13% en moyenne) et des teneurs en éléments indésirables qui restent acceptables, Les résultats des analyses chimiques effectuées par la Sonarem en 1977 montrent que la roche de l'assise utile est une dolomie de haute qualité. Sa pureté élevée en fait d'elle un produit propice à de nombreuses applications (Annexe 1).

Les résultats obtenus des analyses effectuées par LHOIST en 2008, ainsi des essais réalisés par ALGRAN en 2014, sont tout à fait comparables aux données obtenues

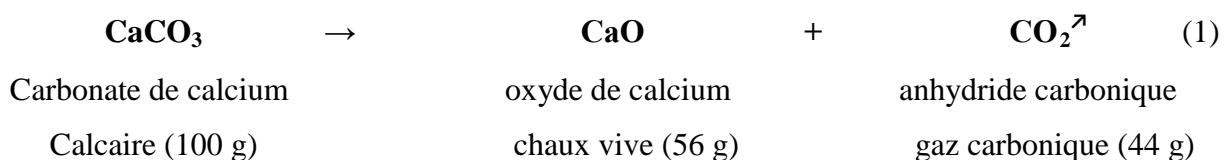
antérieurement. Ils montrent que la dolomie de Téioualt, est riche en MgO et pauvre en composants nuisibles (Fe_2O_3 , SiO_2 , S, ...). Donc, elle peut être considérée de bonne qualité selon les normes de classification (Annexe 1). A noter que les normes de spécification sont variables suivant les pays, les utilisateurs, les disponibilités locales en dolomie plus ou moins pure. Les faibles valeurs des écarts types reflètent la grande homogénéité de la composition des dolomies du massif de Teioualt (Tableau 10 et annexe 3).

D'après leur composition chimique, et leurs caractéristiques physico-mécaniques, les dolomies du massif de Teioualt peuvent être utilisées dans le domaine de la construction et de l'industrie, notamment, la production de la chaux et des réfractaires pour la sidérurgie, car elles répondent aux exigences d'affinage de la fonte et de l'acier, ainsi que dans l'industrie chimique, dans la verrerie et peuvent aussi satisfaire les besoins de plusieurs autres branches industrielles (Annexe 1).

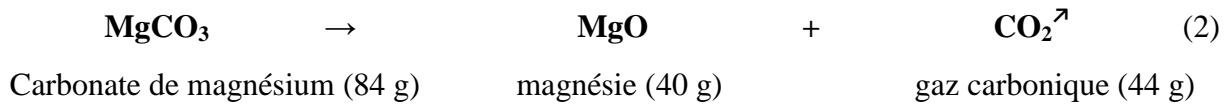
VII-9- Notions sur la décarbonatation et spécificités des chaux dolomitiques :

Les dolomies de Teioualt réunissent des qualités qui les rendent aptes à plusieurs applications dans le domaine de la construction et de l'industrie, surtout en sidérurgie où elles sont utilisées crues et transformées en chaux.

D'une manière générale, la chaux est obtenue par calcination d'un calcaire à une température supérieure à 900°C . Le carbonate de calcium, constituant essentiel du calcaire, se dissocie à cette température pour donner de l'oxyde de calcium (chaux vive) et du gaz carbonique selon la réaction suivante :



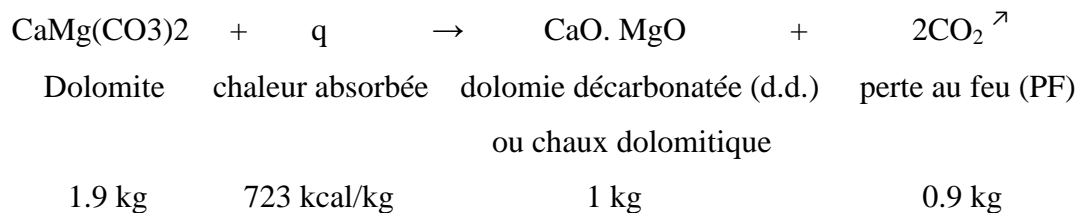
Dans les dolomies, le carbonate de magnésium est associé au carbonate de calcium. Il se dissocie de la même manière mais à une température inférieure, pour donner de l'oxyde de magnésium (magnésie) et du gaz carbonique, selon la réaction suivante :



La calcination des dolomies donne ainsi des chaux magnésiennes contenant à la fois chaux et magnésie. On utilise aussi le terme de chaux dolomitique pour désigner les chaux issues des dolomies. La chaux magnésienne présente certaines spécificités parmi lesquelles on évoque la décarbonatation, qui a été confirmée lors des analyses thermiques (Fig. 70 et 71). La décarbonatation se produit de deux manières (Lauwers, 1983).

A. Si $p\text{CO}_2 < 100 \text{ mm Hg}$ sous vide partiel ou total ; (p : pour pression partielle),

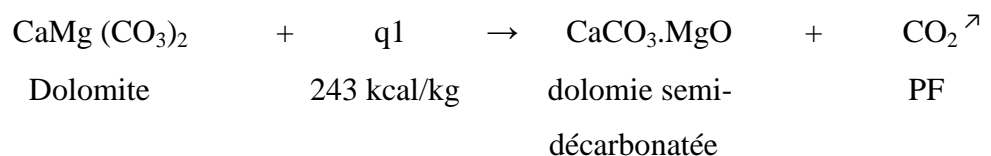
Décomposition en une étape vers $700 - 800^\circ\text{C}$:



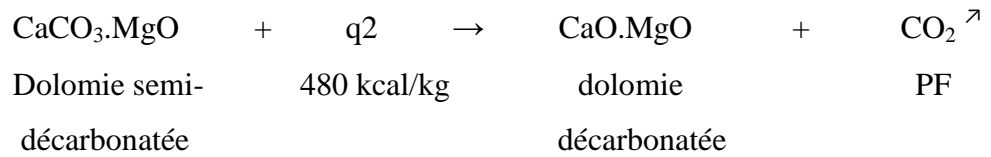
B. Si $p\text{CO}_2 > 100 \text{ mm Hg}$

Décomposition en deux étapes successives :

➤ à $T_1 \approx 550 - 765^\circ\text{C}$:



➤ à $T_2 \approx 900 - 960^\circ\text{C}$:



VII-10- Conclusion :

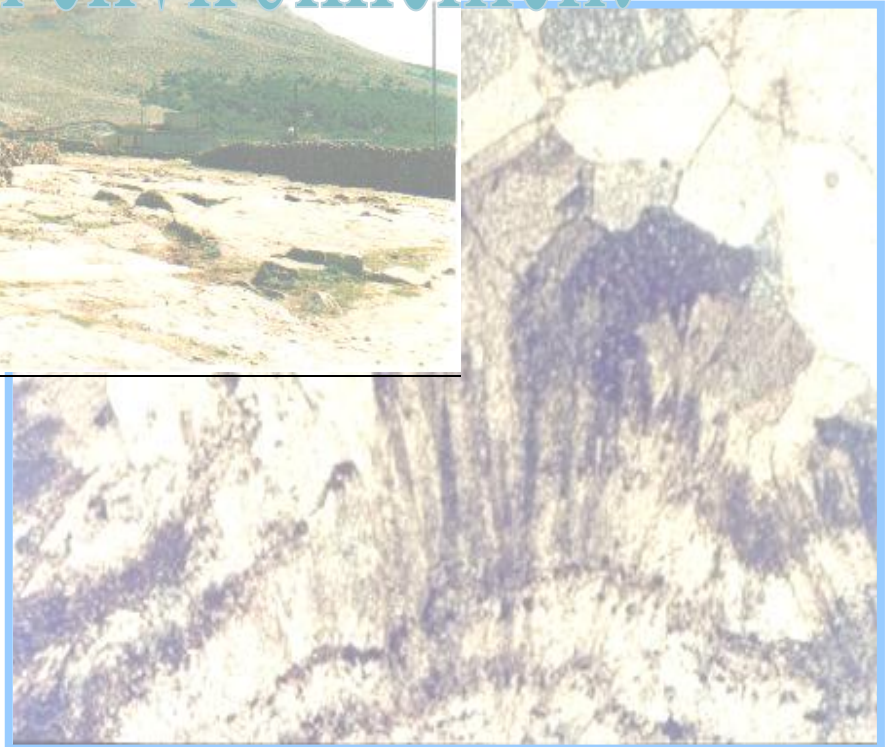
D'après l'observation de terrain et de l'analyse des échantillons prélevés du site, on déduit que les dolomies du djebel Teioualt présentent une certaine régularité et une pureté appréciable. En plus, le gisement dolomitique présente d'importantes réserves, riches en magnésium, à mettre en valeur.

L'examen des caractères pétrographiques, minéralogiques et géochimiques de ces dolomies, accompagné de l'étude de son comportement thermique lors de la cuisson est sans doute une étape utile à prescrire pour mieux connaître la réponse de la roche à diverses sollicitations et pouvoir, ainsi, l'adapter à de nouvelles applications.

Quant à la tectonique cassante, elle marque le contraste entre les différents types de dolomies du gisement et elle influence directement la qualité du produit exploité, car elle joue un rôle important dans le processus de pénétration des oxydes colorants à travers la masse dolomitique, ce qui conduit à plus d'impuretés dans l'assise utile. Cette influence peut être positive pour l'exploitation des granulats et donc la bonne connaissance du système de fracturation est utile pour un bon abattage de la matière exploitée. Donc une étude détaillée de la répartition des fractures rend l'exploitation de l'assise utile plus facile.

CHAPITRE VIII

Impact sur l'environnement



VIII-1 Introduction :

L'exploitation de la dolomie du djebel Teioualt se fait à ciel ouvert. Malgré le fait que la dolomie est un produit naturel ne présentant aucun risque pour l'homme et l'environnement, son exploitation peut être à l'origine de plusieurs perturbations affectant le milieu naturel ainsi qu'humain. Les modifications apportées par les activités de la carrière engendrent plusieurs impacts : poussières, bruit et vibrations liés aux tirs de mines, au broyage-concassage ou encore à la circulation des camions. Les effets de ces impacts se manifestent sur le paysage, l'eau, l'air, le sol... mais aussi sur la qualité de vie des populations.

VIII-2 Impact sur le milieu biophysique :

VIII-2-1- Impact sur le paysage :

Les carrières façonnent et modifient le paysage dans lequel elles s'inscrivent. L'implantation d'une carrière provoque toujours des bouleversements dans le paysage et modifie profondément la perception visuelle du site. La carrière de Teioualt occupe une superficie d'environ 270000m² et a localement un fort impact paysager.

Nous nous trouvons dans une région présentant une morphologie à fort contraste entre l'étendue des plaines, recouvertes de dépôts quaternaires, et les nombreux massifs isolés et imposants (Fig. 2). L'impact visuel est marqué par la présence des gradins dont la progression se fait du nord au sud jusqu'à la butte d'altitude 1051m (Fig. 59). Les installations de traitement de la roche extraite, nettement visibles, constituent un impact visuel important. Elles sont constituées des différents équipements relatifs à la préparation et au triage des produits à valoriser (concasseurs, cribles, bandes transporteuses, trémies diverses, bureaux, ateliers et stocks de produits finis) mais aussi par la présence du matériel roulant à savoir :

- Les engins de chantier réalisant les opérations de découvertes.
- La foreuse.

- Les camions transportant les matériaux.

Etant donné que la carrière de Teioualt se trouve en milieu semi-aride, à densité médiocre de végétation, cet impact paysager est bien visible. La mise à nu des couches sous-jacentes au creux de la carrière offre toujours un contraste saisissant avec le paysage périphérique (parois rocheuses, éboulements, gradins,...). En conséquence, l'impact visuel du projet changera la topographie et l'esthétique de la zone, mais cet impact pourra être modifié par la remise en état du site en fin d'exploitation.

VIII-2-2- Impact sur les milieux naturels : faune, flore et habitats :

L'exploitation d'une carrière engendre nécessairement des perturbations pour la faune et la flore. Les impacts peuvent être directs et indirects, temporaires et permanents. Il s'agit par exemple de destructions d'espèces et de leurs habitats, de dérangement pendant la nidification pour les oiseaux, de destruction de zones d'estivage et d'hivernage de certains animaux,...etc. Cependant, les carrières peuvent aussi être une opportunité pour la biodiversité notamment parce qu'elles créent des milieux pionniers.

Notre zone d'étude n'est incluse dans aucune zone de protection du patrimoine naturel. De plus, aucune espèce animale ou végétale, rare ou menacée ne paraît susceptible d'être présente dans l'emprise de la carrière. Aussi, et du fait de la banalité des espèces présentes dans la région, les destructions de faune et de flore seront limitées et n'auront pas d'effet notable sur la diversité faunistique et floristique. Les milieux naturels qui entourent la carrière de Teioualt sont les mêmes que ceux qui vont être détruits par l'exploitation, donc lorsque la zone ne sera plus exploitée, les espèces animales et végétales, situées dans les espaces voisins du site pourront alors recoloniser facilement la zone.

VIII-2-3- Impact sur les eaux superficielles et souterraines :

a) Les eaux de surface :

Elles sont constituées d'eaux de ruissellement qui sont canalisées et déversées dans les cours d'eau qui limitent la carrière à l'Ouest et à l'Est. Ces cours d'eau ne sont pas larges et ne forment pas de terrasses.

L'impact sur l'écoulement des eaux superficielles sera essentiellement lié à l'exploitation de la carrière elle-même. Le décapage et la création d'excavations entraînent une augmentation de l'infiltration de ces eaux.

Les eaux superficielles courent le risque de voir leur turbidité augmentée pendant les tirs d'abattage de la roche. Mais un retour à la turbidité normale est possible quelques minutes après l'arrêt des tirs.

b) Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines du dj. Teioualt se trouvent au niveau d'une zone d'aération représentée par des roches carbonatées cavernueuses et à différents degrés de fissuration. La puissance de la zone d'aération est de 150 à 200m. Il s'agit d'une nappe de fissures dont l'alimentation se fait aux dépens des précipitations atmosphériques. D'après les analyses chimiques l'eau est douce, avec une minéralisation allant de 0,36 à 0,6 gr/l. Cette eau est hydrocarbonatée, calcique et magnésienne ; donc tout a fait potable.

A l'heure actuelle, l'exploitation de la carrière de Teioualt se fait à partir du niveau 900m. Si un jour on doit exploiter sous le niveau de la nappe, les eaux de la zone d'aération circulant à travers les fissures de la roche s'écoulent vers la fosse d'extraction. Cette eau combinée à l'eau de ruissèlement nécessite un pompage afin de maintenir à sec l'exploitation; c'est ce qu'on appelle l'exhaure. Les eaux de l'exhaure sont le plus souvent envoyées directement vers le cours d'eau le plus proche ou alors elles peuvent être utilisées pour le nettoyage des camions, par exemple.

Les risques de pollution des eaux de surface et souterraines proviennent essentiellement des huiles usagées et des hydrocarbures utilisés par les engins (déversements d'hydrocarbures suite à une fuite accidentelle, ou à une malveillance).

VIII-2-4- Déchets et impact sur le climat :

a) Effets directs de l'exploitation sur le climat :

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité et ses conséquences auront un impact significatif sur notre environnement et nos modes de vie. L'évolution du climat se traduit par un réchauffement atmosphérique dû aux émissions de gaz à effet de serre par les activités humaines.

Au niveau de la carrière de Teioualt, Les effets directs de l'exploitation sur le climat sont les émissions de gaz à effet de serre causés par les différents engins et camions de chantier opérationnels sur le site. Donc, l'entretien des engins et véhicules devra se faire régulièrement afin de réduire la combustion des carburants pendant les travaux.

b) Production des déchets :

Les différentes activités sur le site sont à l'origine de la production, en faible quantité, d'un certain nombre de déchets :

- Déchets ménagers (liés à la présence du personnel).
- Déchets spéciaux et résidus métalliques telles que les pièces d'usure d'engins.
- Les huiles et graisses usagées dont la persistance est plus ou moins longue.

La principale conséquence liée aux déchets réside en la pollution des sols et des eaux quelles soient superficielles ou souterraines. Les risques de pollution par les déchets sont essentiellement liés à la mise en dépôt sauvage de déchets, par un tiers, dans l'emprise de la carrière.

Afin de limiter les risques de pollution accidentelle, l'exploitant doit prendre les dispositions suivantes :

- les curages et nettoyages du bac décanteur/déshuileur doivent être assurés régulièrement.
- Le remplacement régulier des WC.
- Les déchets générés par l'activité de la carrière doivent être collectés et stockés sélectivement dans des bennes ou bacs prévus à cet effet, de façon temporaire, avant leur évacuation par des récupérateurs agréés.
- Des produits fixant ou absorbants appropriés doivent être tenus à disposition dans les engins afin de retenir ou neutraliser les liquides accidentellement répandus (kit de dépollution).

VIII-3 Impact sur l'environnement humain :

Malgré le fait qu'il n'y a pas de populations à proximité du site d'exploitation (l'agglomération la plus proche est à plus de 5km), L'activité de la carrière de Teioualt peut être source de gênes temporaires (bruit, poussières, vibrations, circulations d'engins...) susceptibles de porter préjudice aux employés. Il convient de prendre en compte les effets engendrés par toutes les activités du site.

VIII-3-1- Impact sonore :

On peut distinguer trois types de sources sonores : les mobiles (engins et camions), les installations fixes et les tirs de mines. Il s'agit, dans la plupart du temps, d'engins mobiles, dont les niveaux d'émission sont variables en fonction de leur puissance. Les activités d'extraction sont, aussi, génératrices de nuisances sonores. Les appareils de broyage sont particulièrement bruyants tout comme le bruit de la roche tombant dans la benne d'un camion vide ainsi que le bruit des avertisseurs sonores de recul des engins.

Le bruit lors des tirs de mines est un bruit impulsionnel et de courte durée. Chaque tir dure moins d'une seconde. Les tirs de mines sont à l'origine d'ondes sonores très limitées dans le temps. Les effets sonores d'un tir de mines sont ponctuels et, s'ils sont certes ressentis de manière significative, c'est l'effet de surprise qui peut être à l'origine d'une gêne pour le

voisinage. Une alarme sonore devra prévenir les tirs de mines afin d'éviter de se laisser surprendre et sensibiliser le personnel de la carrière du danger encouru.

Il existe différentes méthodes permettant de limiter le niveau sonore. Elles consistent en général à mettre en place un obstacle entre la source de bruit et le voisinage à protéger :

- installation d'un bardage autour d'une installation de traitement fixe ;
- mise en place de merlons végétalisés aux alentours du site ;
- déplacement des installations de traitement vers le fond de l'excavation.

Certains matériels sont également moins producteurs de bruits et peuvent être utilisés préférentiellement. C'est le cas par exemple des grilles de cribles en polymères ou de certains systèmes avertisseurs de recul directionnels, à fréquences mélangées, à modulation automatique d'intensité.

VIII-3-2- Impact de poussières :

Les émissions de poussières sont favorisées par des conditions climatiques sèches et venteuses. Les principales sources de poussières sur le site d'exploitation sont :

- Les opérations de décapage et d'extraction liées à l'action et au passage des engins (mise en suspension et dispersion des particules les plus fines).
- La circulation des engins dans l'emprise même du site de la carrière.
- La circulation des camions évacuant les matériaux de la carrière.
- Les tirs de mine.

Les poussières émises pourraient présenter des inconvénients de différentes natures :

- Dépôts sur la végétation naturelle environnante, ce qui peut éventuellement provoquer un ralentissement de sa croissance.
- Irritations et autres problèmes sanitaires.
- Gênes de visibilité des conducteurs circulant aux abords du site.

Un dispositif d'aspiration et d'arrosage doit être mis en place en cas de fortes émissions de poussières.

VIII-3-3- Impact des vibrations :

Compte tenu de la nature même de l'exploitation de la carrière de Teioualt, les différentes vibrations provoquées sont imputables à l'utilisation d'engins, de poids lourds et des tirs de mines. Et comme la carrière est située loin des agglomérations, ces vibrations ne devraient pas porter préjudice à la population.

VIII-3-4- Impact lié au transport des matériaux :

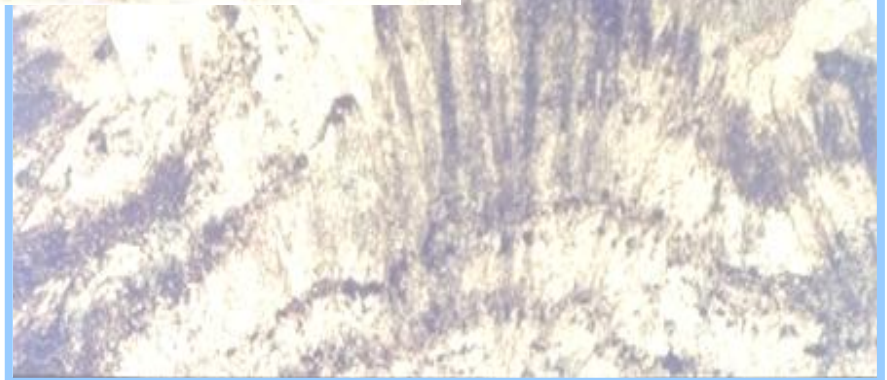
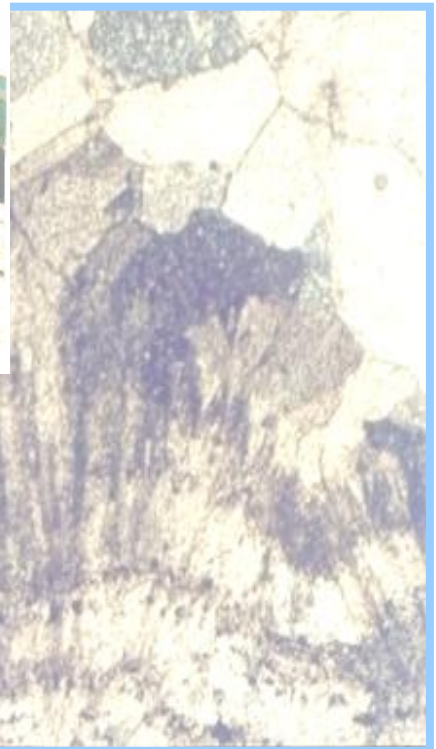
Malgré le fait que la carrière de Teioualt est d'un accès facile aux moyens de transport, elle reste, quand même, situées dans une zone rurale reliée aux agglomérations voisines avec des pistes, et la route goudronnée la plus proche se trouve à 5km du site d'exploitation. Donc l'infrastructure routière n'est pas adaptée à la circulation des poids lourds, ce qui pourra provoquer des dégradations de la chaussée et des accidents de camions.

VIII-4 Conclusion :

Certes, la dolomie est un produit qui ne présente aucun risque pour l'homme et l'environnement, néanmoins son exploitation peut engendrer divers impacts sur le milieu biophysique ainsi que l'environnement humain. La carrière de Teioualt ne se trouve pas dans un environnement sensible susceptible de porter préjudice direct aux populations des agglomérations voisines, et aussi, son impact n'aura pas d'effets notables sur la diversité faunistique et floristique. Cela n'empêche qu'elle peut être à l'origine d'un certain nombre d'impacts atteignant le paysage et engendrant certaines dégradations de l'environnement direct de la carrière. Sans, toutefois, écarter les impacts locaux sur le personnel de la carrière suite aux nuisances sonores, de vibrations, de poussières et aussi de nuisances visuelles.

CHAPITRE IX

CONCLUSION GENERALE



Les travaux réalisés dans le cadre de ce mémoire visent à avoir une connaissance assez détaillée sur les dolomies caractérisant les monts d'Aïn M'lila afin de mieux comprendre leur genèse et confirmer la qualité du gisement qu'ils représentent.

Ces dolomies, de couleurs blanchâtre, rougeâtre et surtout grise à noirâtre, sont localisées à la base de la série stratigraphique et forment une puissante série de plusieurs centaines de mètres. Elles ont été rapportées, systématiquement, au valanginien.

Du point de vue tectonique, les monts d'Aïn M'lila sont structuralement caractérisés par une succession de plis d'orientation NE-SW à E-W, et affectés par de nombreuses failles qui ont fait sortir en horst les massifs carbonatés, notamment, les décrochements dextres de direction NW-SE qui sont les plus nombreux et les plus apparents.

Les dolomies valanginiennes riches en magnésium et qui présentent des propriétés chimiques et physico-mécaniques leur permettant d'être utilisés dans plusieurs domaines industriels, font l'objet d'une exploitation au niveau du djebel Teioualt qui fait partie des monts d'Aïn M'lila.

L'étude géologique du gisement de Teioualt a permis d'apporter des connaissances sur plusieurs plans qui peuvent être énumérés comme suit :

- Sur le plan lithostratigraphique ; l'étude a permis de définir une série allant du Valanginien jusqu'au Plio-Quaternaire. On distingue, de bas en haut, un Valanginien caractérisé par les dolomies constituant le gisement de Teioualt. Ces dolomies sont surmontées par une interstratification de calcaires et de dolomies hauteriviens. Ces calcaires sont envahis par une dolomitisation irrégulière. Le barrémien présente une sédimentation variée, de calcaires et de marnes, sur laquelle viennent se poser des calcaires micritiques aptiens qui se terminent avec une surface durcie traduisant une émergence. L'Albien est caractérisé par des calcaires gréseux surmontés, par un Cénomaniens calcaro-marneux qui vient se poser en discordance angulaire sur les formations albiennes. Le sénonien est essentiellement marneux, ainsi que l'Eocène, avec quelques intercalations calcaires. L'Oligocène et le Pliocène sont caractérisés par

une sédimentation franchement marneuse. Le tout est recouvert par des colluvions quaternaires.

- Sur le plan sédimentologique ; L'analyse des microfaciès a révélé que les milieux de dépôt des différentes formations rencontrées sur terrain appartiennent, pour la plupart, à un milieu de plate-forme, excepté les formations post-cénomaniennes où la sédimentation, marquée par une présence marneuse, passe essentiellement, à celle de bassin. Les différents environnements paléogéographiques, qui appartiennent au domaine de plate-forme, ont été définis comme suit :
- Un domaine de plate-forme interne, caractérisé par des faciès appartenant à un milieu qui s'étend de l'intertidal au subtidal. C'est un milieu assez calme, dans lequel on rencontre des foraminifères benthiques, des orbitolines et des algues.
 - Un domaine de plate-forme externe marqué par des calcaires bioclastiques à rudistes, polypiers, gastéropodes et ammonites dont le faciès correspond à un environnement de barrière.
 - Un domaine de plate-forme externe caractérisé par des calcaires silicifiés riches en nummulites et en foraminifères benthiques traduisant un milieu de haute mer.

Les sédiments carbonatés de notre région d'étude ont été affectés par plusieurs phénomènes diagénétiques qui correspondent, selon la nomenclature de Choquette et Pray (1970), à trois phases de transformations diagénétiques ;

- Eogenèse, ou diagenèse précoce.
- Mésodiagenèse, ou diagenèse d'enfouissement.
- Télodiagenèse, ou diagenèse d'émersion.

Les phénomènes diagénétiques observés ont aussi un impact sur le gisement exploité, puisqu'il s'agit de dolomies secondaires résultant de la dolomitisation des calcaires.

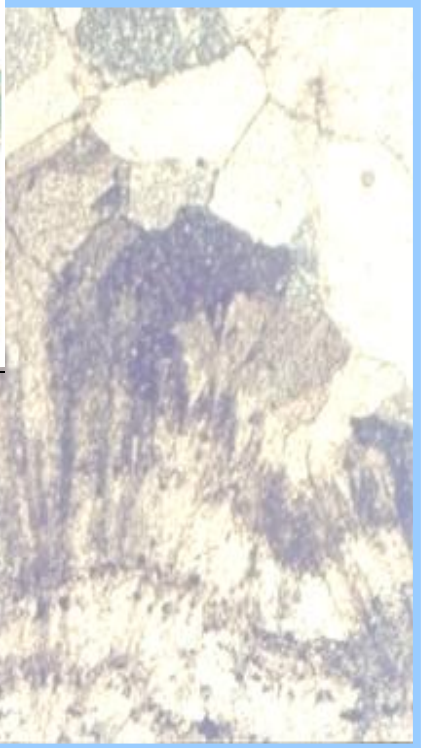
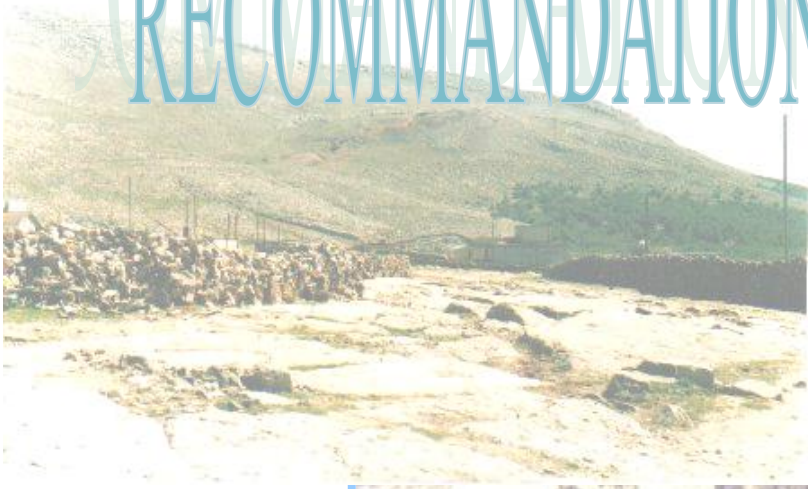
- Sur le plan structural ; le massif de Teioualt, qui est un monoclinale allongé E-W, est affecté par un réseau de fractures dominé par des failles qui ont joué en décrochement selon les directions N-S à NW-SE. Il est limité à l'Est et à l'Ouest par deux importants

décrochements dextres de direction NW-SE. Le nord du massif est marqué par une faille inverse de direction E-W mettant en contact anormal les carbonates crétacés avec des marnes tertiaires. Cette fracturation influence directement la qualité des dolomies exploitées. Elle marque le contraste entre les différents types de dolomies du gisement et est responsable, d'une façon ou d'une autre, de l'infiltration et la circulation des eaux météoriques jouant, ainsi, un rôle important dans le phénomène de karstification et aussi d'oxydation.

- Sur le plan géochimique ; les différentes analyses chimiques effectués par l'exploitant de la carrière ainsi que celles des différentes études, sur les échantillons prélevés de la dolomie du massif de Teioualt, ont montré que le gisement dolomitique montre une grande régularité et est de haute qualité. La dolomie de Teioualt, riche en magnésium et pauvre en composants nuisibles peut être utilisée en verrerie, dans les boues de forage et surtout en sidérurgie, ainsi que dans différents autres domaines industriels.

Malgré le fait que la dolomie est un produit naturel qui ne présente aucun risque pour l'homme et l'environnement, son exploitation peut être à l'origine de plusieurs perturbations environnementales. L'exploitation de la dolomie du djebel Teioualt, qui se fait à ciel ouvert et suffisamment éloignée des agglomérations voisines, ne se trouve pas dans un environnement sensible susceptible d'avoir des impacts directs sur les populations ou provoquer un déséquilibre de la diversité faunistique et floristique de la région, néanmoins, cette exploitation peut être à l'origine de divers impacts sur le milieu biophysique, tels que le paysage, les eaux superficielles et souterraines, le sol, l'atmosphère...etc, et sur le l'environnement humain et les impacts locaux que peut subir le personnel de la carrière tels que les nuisances sonores, les vibrations, l'impact de la poussière,...etc.

RECOMMENDATIONS



Recommandations :

De l'observation de terrain, de l'examen et de l'analyse des échantillons prélevés au niveau de la carrière de Teioualt, ainsi qu'au niveau de Kef El Ahmar, il ressort une certaine régularité et une pureté appréciable des dolomies valanginiennes dont les réserves à prouver s'avèrent importants.

L'extraction de cette dolomie devrait répondre aux demandes accrues de l'industrie, néanmoins, Faute du tissu industriel approprié, la dolomie de Teioualt connaît actuellement une faible exploitation. En effet, le faible rythme d'extraction actuel fait que le plus gros de la production est juste transformé en granulats afin d'assurer un minimum de rentabilité à son actuel exploitant, alors que la dolomie de Teioualt, dont les résultats obtenus sont très encourageants, pourra servir plus utilement à des applications industrielles qu'à servir seulement de granulats, d'autant plus que ses réserves semblent très prometteuses.

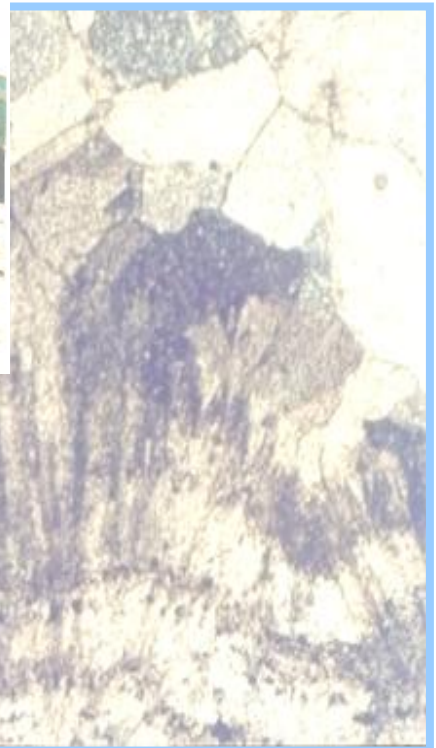
Le site de Teioualt, ainsi que celui de Kef El Ahmar, renferment à coup sûr d'appréciables potentialités en dolomie que nous recommandons de mettre en valeur. Donc, une campagne additive tant au niveau de la carrière qu'à celui de Kef El Ahmar est plus que recommandée. Elle mettra en évidence les réserves réellement en place, ce qui permettra de renforcer davantage les capacités de la production actuelle.

Dans la zone de Kef El Ahmar, il sera nécessaire de mener une campagne de reconnaissance (avec des tranchées de surface et surtout des sondages carottants) afin d'évaluer au mieux les potentialités que recèle le secteur. Un levé topographique est à réaliser afin de permettre le tracé des itinéraires d'investigation et l'implantation des sondages qui suivront la profondeur de la dolomie perpendiculairement à la stratification.

Les formations valanginiennes et hauteriviennes des monts d'Aïn M'lila comprennent d'assez puissants niveaux de dolomies et de calcaires dolomitiques aux potentialités affleurantes appréciables qui nécessitent d'être valorisés afin de répondre aux demandes d'une industrie de plus en plus exigeante en la qualité de la matière première.

Sur le plan environnemental, l'étude d'impacts des exploitations sur l'environnement doit être une obligation réglementaire. En effet, toute demande d'autorisation d'exploitation doit être accompagnée d'une étude d'impact sur l'environnement qui vise à évaluer les incidences de l'exploitation de la carrière sur l'environnement, et de définir les mesures à mettre en place pour les limiter.

BIBLIOGRAPHIE



Ait Abdelouhab. D. (1996). - Etude metallogénique de quelques gisements de plomb- zinc dans l'est algérien (hautes plaines constantinoises).

Thèse de magistère université de Constantine. 202 p.

Algran (2014). - Carrière de dolomies de Djebel Teioualt. « EPE SPA ENOF » Oum El-Bouaghi – Rapport Géologique. Inédit, 29 p.

Aris Y. (1994). - Etude tectonique et microtectonique des séries jurassiques à plio-quadernaire du constantinois central. Caractérisation des différentes phases de déformation.

Thèse de doctorat, université de Nancy I. 215 p.

Bar, C. B. (1957). - Carte géologique, feuille d'Aïn M'lila n° 120, 1/50000 avec notice explicative.

Pub. Service de la Carte Géologique d'Algérie.

Bathurst R.G.C. (1971). - Carbonate sediments and their diagenesis. Developements in sedimentology.

Elsevier: Publ. Co, Amsterdam, 620 p.

Bathurst R.G.C. (1975). - Carbonate sediments and their diagenesis (2nd enlarged edition).

Elsevier : Publ. Co, Amsterdam, 620 p.

Baudelot S. & Gery B. (1979). - Découvertes d'Acritarches du Cambrien supérieur et du Trémadoc dans le massif ancien de Grande Kabylie.

C. R. Acad. Sc., (D), t. 288, p. 1513-1516.

Beghoul M. (1974). - Etude géologique de la région de Haminat (Sud-Est constantinois). Application à la recherche pétrolière dans les confins Algéro-Tunisiens.

Thèse pour obtenir le titre de docteur ingénieur, université de Paris VI. 128 p.

Bouillin J.C. (1977). - Géologie alpine de la petite kabylie dans la région de collo et d'el-milia (Algérie). Thèse ès-sciences Paris, ronéot., 509 p. 127 fig., p.l. h.t., 1 carte au 1/100.000ème.
Mém. Soc. Géol. Fr.

Bouillin J.P. (1986). - Le « bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. France, p. 547-558.

Bouillin J. P., Durand-Delga M., Gelard J. P., Leikine M., Raoult J. F., Raymond D., Tefiani M. et Vila J. M. (1970). - Définition d'un flysch massylien et d'un flysch maurétanien au sein des flysch allochtones de l'Algérie. C. R. Acad. SciParis. (D), t.270, p. 2249-2252.

Bourezg M. (2011). - Etude géologique et minière de quelques roches industrielles. Cas d'applications dans le nord-est algérien.
Thèse de doctorat, université Constantine 1. 203 p.

Bourezg M. & Kolli O. (2011). - Dolomie et chaux dolomitique du massif de Teioualt (Aïn M'lila, Sud-constantinois, Algérie).
Geomaghreb n°7, 2011, pp. 1 – 11.

Cayeux L. (1935). - Les roches sédimentaires de France : Roches carbonatées.
Masson éd. : 463 p.

Chadi M. (1991). - Géologie des monts d'Aïn M'lila (Algérie orientale)
Thèse de doctorat, université de Nancy I. 191 p.

Chamley H. (1987). - Sédimentologie.
Paris, Dunod, 175 p.

Choquette P. W. & Pray L. C. (1970). - Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates.
Bull. American Ass. Pet. Geol. (AAPG), vol. 54, n°2, p.207-250

Coiffet Ph. E., Quinif.Y. et Vila J.M. (1975). - Synthèse sur l'histoire géologique et les karstifications des massifs néritiques constantinois.

Actes du symposium sur la physico-chimie du karst, Grenade Ann.

Speleo XXX. Fax, 4. p. 619-627.

Coiffait Ph. E. (1992). - Un bassin post-nappe dans son cadre structural l'exemple du bassin de Constantine (Algerie Nord Orientale).

These Sciences. Nancy I.P. 502 p.

Dunham R. J. (1962). - Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: "Classification of carbonate rocks".

symp. Amer. Assac. Petral. Geol., Tulsa, n° 1, pp. 108-121,7 pl. 1 tabl.

Durand-Delga (1955). - Etude géologique de l'ouest de la chaîne numidique.

Thèse, paris. bull. serv. Carte géol. Algerie, Stratigr., Descriptions régionales, n° 24, 533 p., 143 fig., 16 pl. photo, 10 pl.h.t.

Durand-Delga M. (1969). - Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie.

Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, p.89-131.

Durand-Delga M. et Fontbote M. (1980). - Cadre structural de la Méditerranée occidental. 26e congrès international de géologie.

Paris. In Mémoires du BRGM n° 115, Orléans, pp. 67-85.

Durand-Delga M., Raoult J.F. et Vila J.M. (1969). - Situation en fenêtre du secondaire du djebel Safia (Nord du Constantinois, Algérie). Publ. Serv. Carte géol. Algérie, p. 89 – 131.

Durozoy (1952). - Etude géologique de la région de chateaudun du Rhumel.

Thèse Sciences Alger, 1958, Publ. S erv. Carte Géol. Algérie, n° 22, 456 p.

Elf -Aquitaine (1975). - Essai de caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés.

1 : Eléments d'analyse.

Technip: 172 p.

Elf -Aquitaine (1977). - Essai de caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés.

2: Eléments d'interprétation.

Technip: 231 p.

Ficheur E. (1898). - Sur les plissements de l'Aurès et les formations oligocènes dans le sud de Constantine.

C. R. Acad. Sei. Paris, 20 juin 1898, t.126, p.1826-1828.

Folk R. L. (1959). - Practical petrographic classification of limestones.

Bull. A. A. P. G., 43, 1: 1-39.

Friedman G. M. (1965). - Terminology of crystallisation textures and fabrics in sedimentary rocks. Journal of Sedimentary, Petrology. Vol.35, N°3, p.643-656.

Gherbi W. (2006). - Etude de la qualité des calcaires d'exploités : Cas de deux carrières d'agrégats de Ain Smara (environs de Constantine) "Cosider-Sonatiba"

Mémoire de magistère, université Mentouri-Constantine. 232 p.

Guiraud R. (1973). - L'évolution post triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines.

Thèse Sci. Univ. de Nice, 114 fig., 12 pl. h.t., 270 p.

Hunt, D. & Tucker, M. E. (1995). - Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall-replay.

Sedimentary Geology, 95, p.147-160.

Kazi-Tani N. (1986). - Evolution géodynamique de la bordure nord africaine: le domaine intraplaque N-algérien. Approche mégaséquentielle.

Thèse de doctorat d'état, Univ. Pau : 886 p.

Lahondère J.C. (1987). - Les séries ultra-telliennes d'Algérie Nord-orientale et les formations environnantes dans leur cadre structural.

Thèse d'état, université de Toulouse, 242 p.

Lahondère J. C., Feinberg H. et Haq B. U. (1979). - Datation des grés numidiens d'Algérie orientale.

C. R. Acad.Sei. Paris, t. 289, sér. D, pp. 383-386.

Lauwers A. (1983). - La dolomie, son extraction, ses traitements industriels et ses utilisations. Géologue, Groupe Lhoist, coordination Center B-1342. Limelette, Belgique.

Martaud T. (2008). - Evaluation environnementale de la production de granulats naturels en exploitation de carrière –Indicateurs, modèles et outils-.

Thèse de doctorat, université d'Orléans. 212 p.

Magné J & Lahondère J. C. (1983). - L'évolution du domaine néritique constantinois dans la région de Guelma (Algérie), à la fin du secondaire et au début du Tertiaire : conséquences paléogéographiques.

C. R. Acad. Sei., Paris., t. 197, pp.775-778, 2 fig.

Nacer W. (2005). - Etude des formations carbonatées du versant sud du massif de l'Oum Settas : Approche quantitative et qualitative.

Mémoire de magistère, université Mentouri-Constantine. 166 p.

Peucat J. J. & Bossière G. (1980). - Influence de l'orogénèse alpine sur le socle ancien de Grande Kabylie, Algérie.

8°R. A. S. T., p.55.

Purser B.H. (1977). - Subdivision et interprétation des séquences carbonatées. Mém. Du BRGM.Fr, n° 77, pp.680-698.

Purser B.H. (1980). - « Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. » Tome I. Les éléments de la sédimentation et de la diagenèse.

Editions Technip (Paris) & Inst. Franç. Pétrole (Rueil-Malmaison), 366 pp.

Purser B.H. (1983). - « Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. » Tome 2. Les domaines de sédimentation carbonatée néritiques récents ; applications à l'interprétation des calcaires anciens.

Editions Technip (Paris) & Inst. Franç. Pétrole (Rueil-Malmaison), 389 pp.

Rabahi N. (2008). - La Série Néritique du Constantinois Central « Massif du Chattabah, Djebel Felten ». Lithostratigraphie, Sédimentologie et Caractérisation Hydrogéologique « Région de Constantine ».

Mémoire de magistère, université Hadj Lakhdar –Batna. 177 p.

Radke R. M. & Mathis R. L. (1980). - On the formation and occurrence of saddle dolomite. *Journal of Sedimentary, Petrology*, Vol.50, N° 4, p.1149-1168.

Raoult J. F. (1969). - Relation entre la Dorsale Kabyle et les flyschs sur la transversale du Dj. Rhédir (Nord Constantinois, Algérie). - Phases tangentielles éocènes, paléogéographie. *Bull. Soc. Géol. Fr*, (7), XI, pp. 523-543, Paris.

Raoult J. F. (1972). - Précisions sur les flyschs massylien : série stratigraphique, variations de faciès, nature du matériel remanié (Nord Constantinois, Algérie). *Bull. Hist. Nat. Afr.Nord*, t. 63 (1-2), pp. 73-92, 3 fig. Alger.

Raoult J.F. (1974). - Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord constantinois, Algérie). Mémoire n°121- *Soc. Géol. de France, Nouv.Sér. T.L III- 1*.

Renoué E. (1843). - Aperçu sur la constitution géologique de l'Algérie.

Ann. Mines. Fr. 4° série, t. 4, p. 521-540.

Schroeder R., Guellal S. et Vila J.M. (1975). - *Parurgonina caelinensis* Cuvillier, Foury et Pignatti Morano 1968 dans le Malm du Djebel Teioualt (Constantinois, Algérie).

Eclologia geol. Helvetic, p. 319-326.

Sibley D.F. & Gregg J.M. (1987). - Classification of dolomite rock textures.

Journal of sedimentary, petrology, Vol.57, n°6, p.967-975.

Sonarem (1976-1977). - Résultats des travaux de prospection réalisés sur le gisement de dolomies de Dj. Teioualt.

Rapport interne. Inédit, 31 p.

Tissot J. (1881). - Carte géologique provisoire au 1/800.000° de la province de Constantine et du cercle de Bou Saada et texte explicatif.

Alger 1881, 136 p.

Vila J. M. (1978). - La nappe néritique constantinoise : un élément structural majeur de la chaîne alpine d'Algérie orientale.

6° R. A. S. T., p. 404.

Vila J.M. (1980). - La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens.

Thèse Sc, Paris VI, 2 tomes, 665 p.

Vila J. M. & Leikine M. (1976). - Sur l'allochtonie des Bibans orientaux (Algérie).

4° R. A. S. T., p. 393.

Vila J M, Busnardo R., Devries A., Magné J., Sigal J. (1968). - Données stratigraphiques sur la série renversée et charriée du Dj Bousba et étude de son cadre structural (région de Guelma, Constantinois, Algérie).

Bull. Soc .geol. France. (7), T.X, pp 206-212.

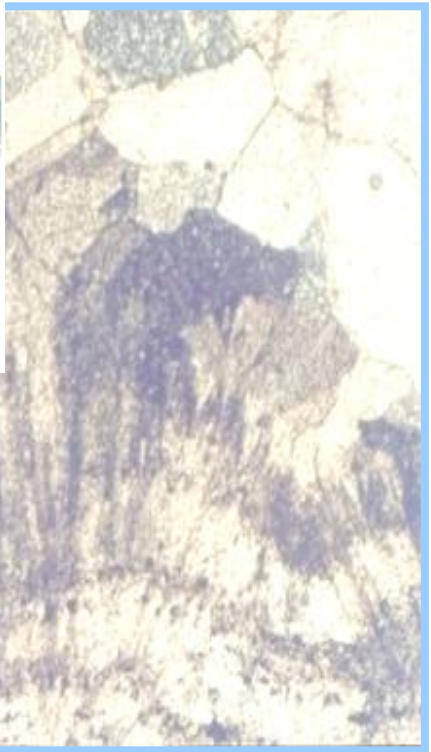
Voute C. (1967). - Essai de synthèse de l'histoire géologique des environs d'Aïn Babouche et des régions limitrophes.

Pub. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. série, nO 36, t.1 255 p., t. 2, 136 p., 3cartes, 41 pl.

Wildi W. (1983). - La chaîne tello-rifaine (Algérie-Maroc-Tunisie). Structure stratigraphique et évolution du Trias au Miocène.

Revue de géologie dynamique et géographie physique. Vol.24, pp 201 - 297.

PLANCHES



**A
b
v
i
a
t
i
o
n**

Orb: Orbitoline.

Lam: Lamellibranche.

Gas: Gastéropode.

Dasy: Dasycladacée.

Mil: Miliolle.

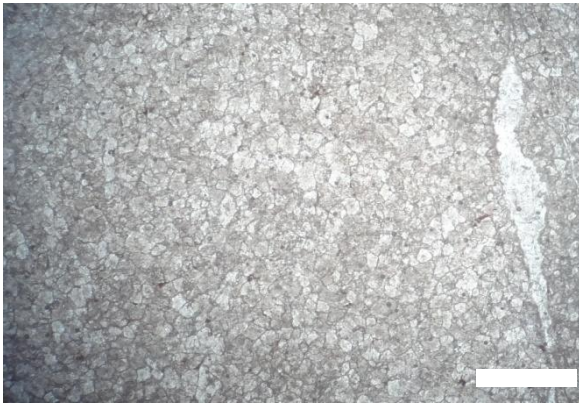


Fig.1 : Dolomie unimodale, finement grenue, planaire « s », avec remplissage calcitique.
obj. x 2,5 (LN)

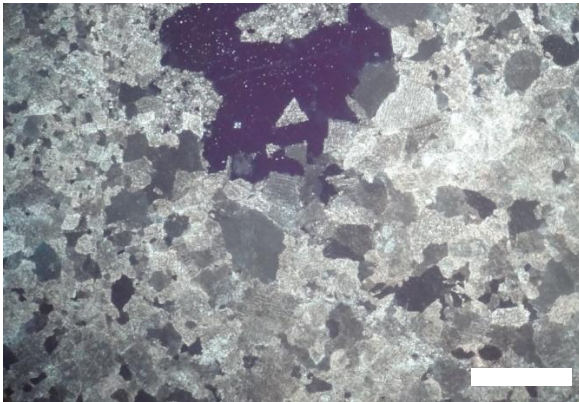


Fig.2 : Dolomie finement à moyennement grenue.
obj. x 2,5 (LP)

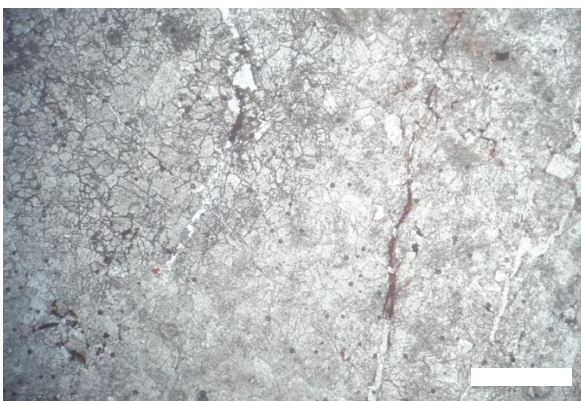



Fig. 3 Dolomie finement à moyennement grenue avec une porosité de fracturation et intragranulaire à remplissage d'oxydes de fer et calcitique.
obj. x 2,5 (LN)

250μ
Echelle : 

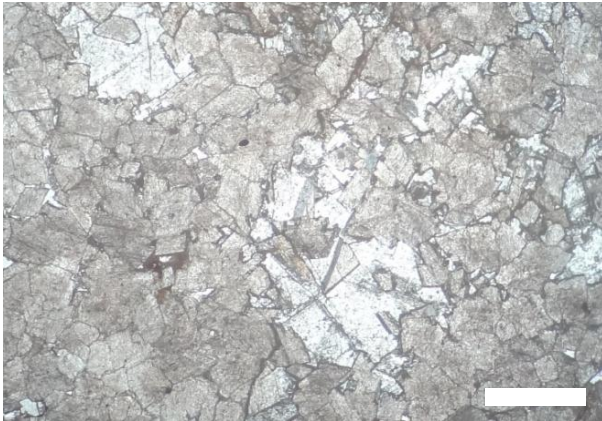


Fig. 1 : Dolomie planaire « e ».
obj. x 2,5 (LN)

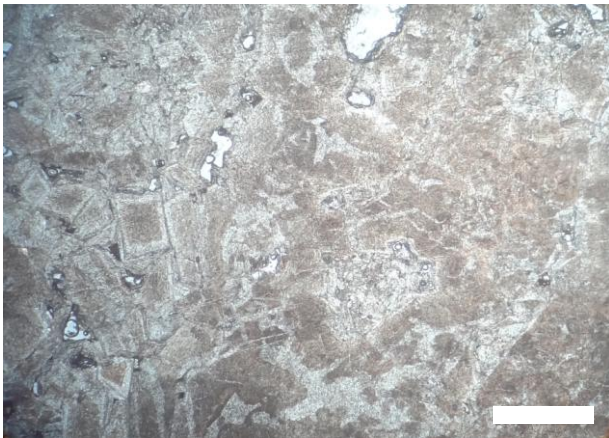


Fig. 2 : Dolomie polymodale,
finement grenue, planaire « s » à
planaire « e », renfermant des
rhomboédres à cœur sombre.
obj. x 2,5 (LN)

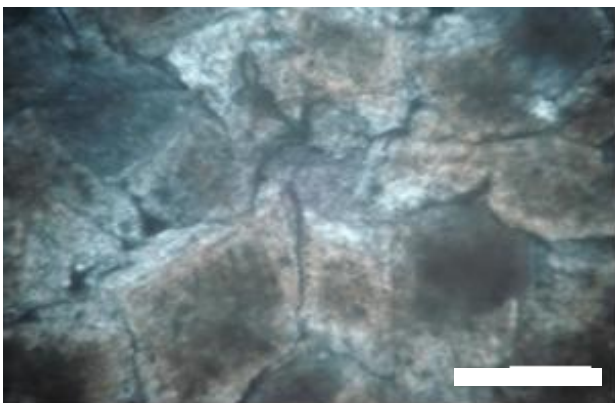



Fig. 3 : Rhomboédres à cœur
sombre d'une dolomie planaire
« s » à « e » à distribution
polymodale
obj. x 2,5 (LP)

Echelle :  250μ

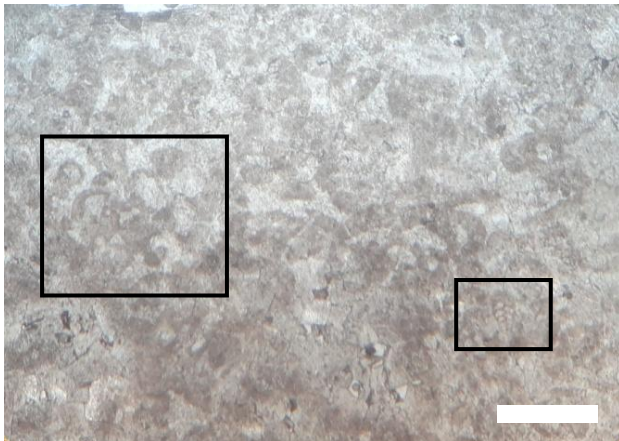


Fig.1 : Dolomie avec quelques foraminifères benthiques et des traces de fossiles non identifiés.
obj. x 2,5 (LN)

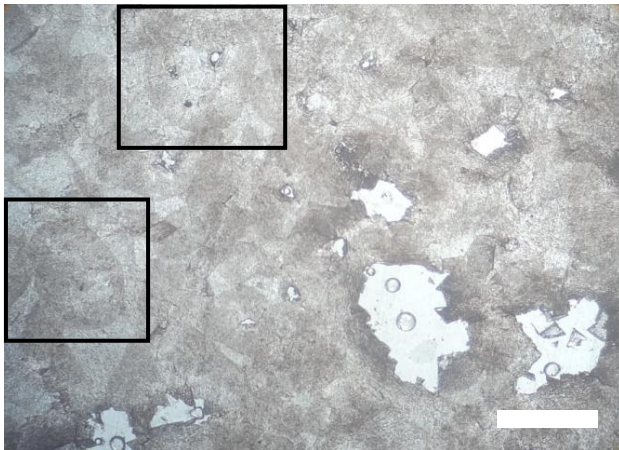


Fig.2 : Dolomie moyennement grenue avec des traces de fossiles de grande taille.
obj. x 2,5 (LN)

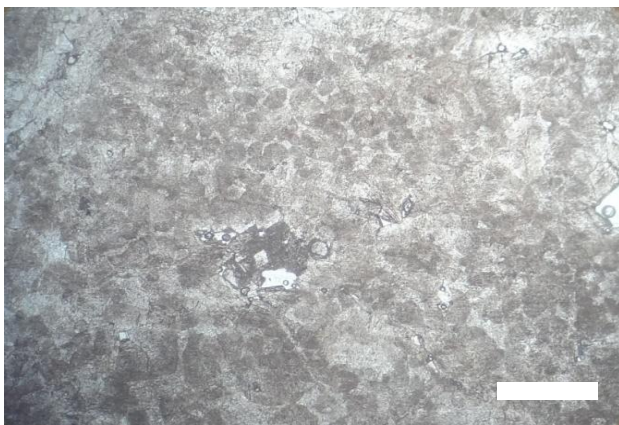



Fig.3 : Dolomie avec des traces de fossiles.
obj. x 2,5 (LN)

250μ
Echelle : 

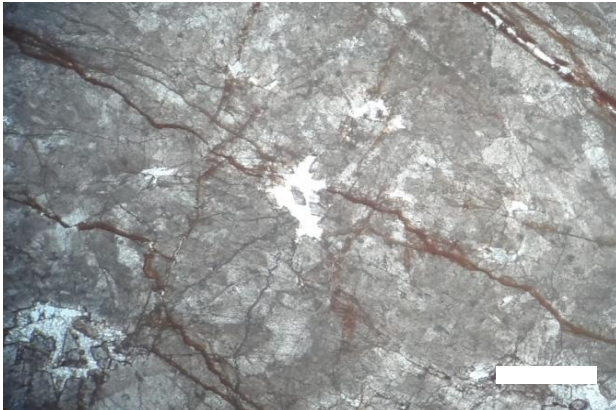


Fig.1 : Dolomie moyennement grenue avec une porosité de fracturation, à remplissage d'oxydes de fer, et une porosité vacuolaire.
obj. x 2,5 (LN).

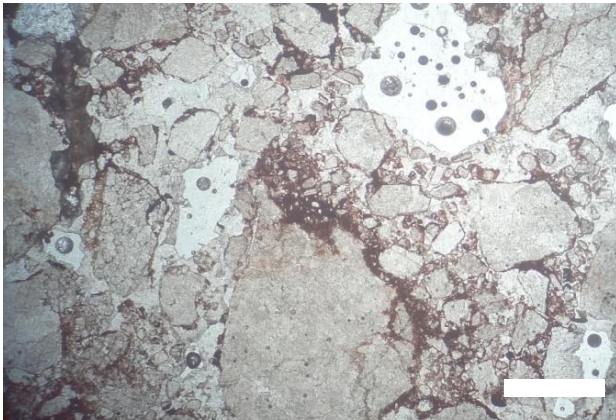


Fig.2 : Microbrèches tectoniques de dolomie
obj. x 2,5 (LN).

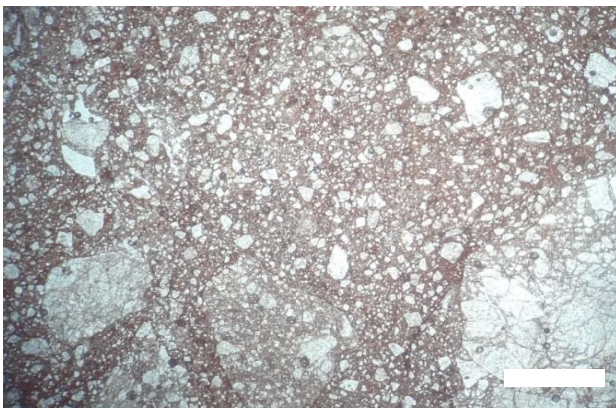


Fig.3 : Microbrèches de dolomie cimentées par des oxydes.
obj. x 2,5 (LN).

250μ
Echelle : —

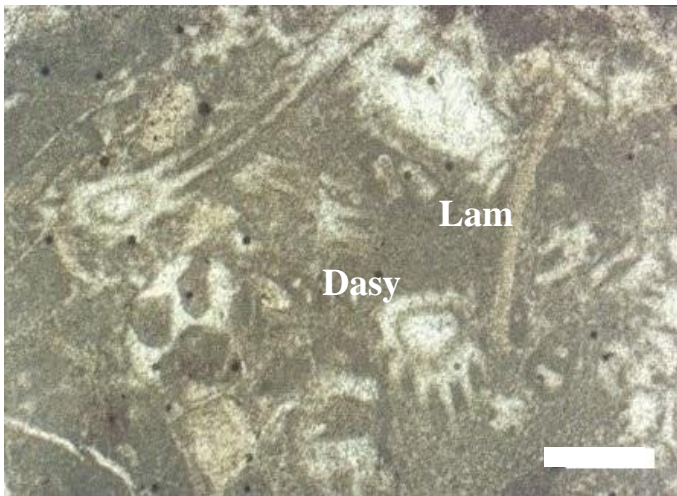


Fig.1 : Wackestone à dasycladacées et débris de lamellibranches.
obj. x 2,5 (LN).

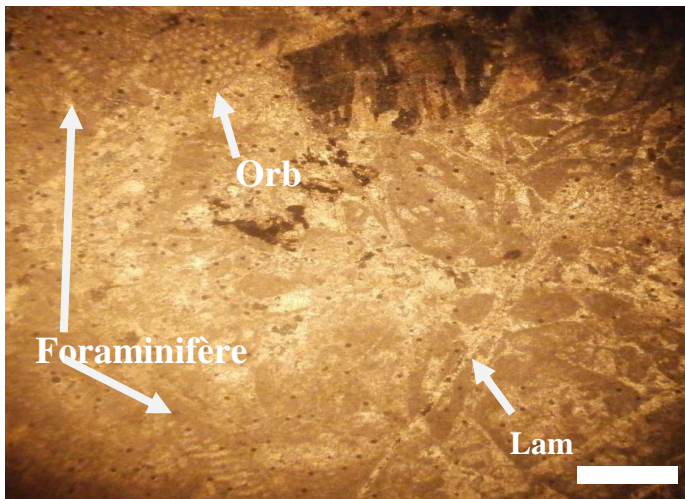


Fig.2 : Wackestone à débris d'orbitolines et lamellibranches.
obj. x 2,5 (LN).

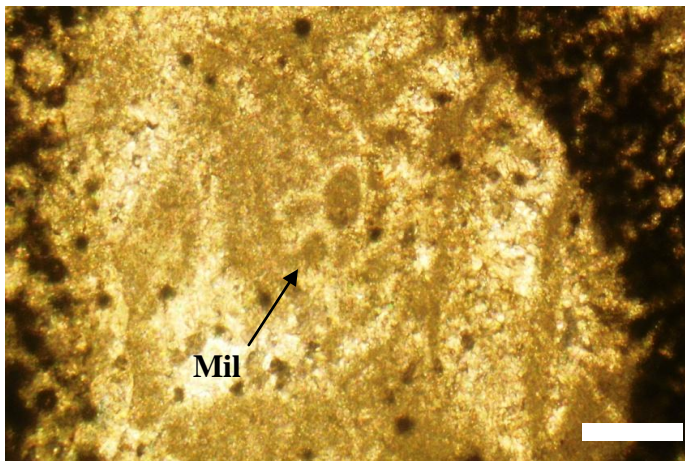



Fig.3 : Packstone à milioles.
obj. x 2,5 (LN).

250μ
Echelle : 

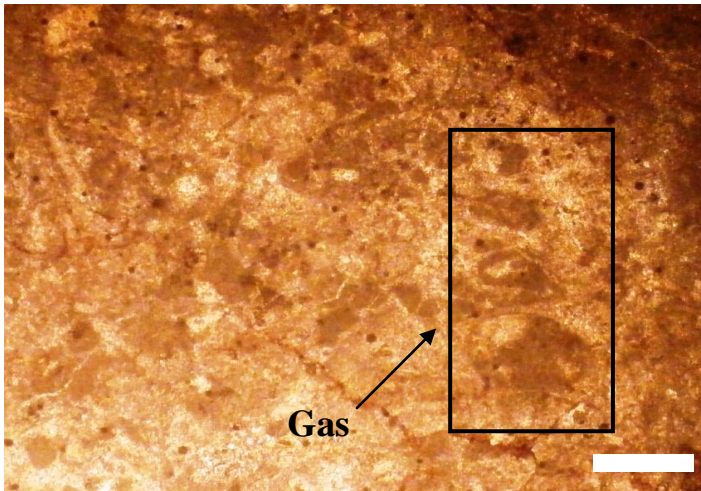


Fig.1 : Packstone à gastéropodes.
obj. x 2,5 (LN).

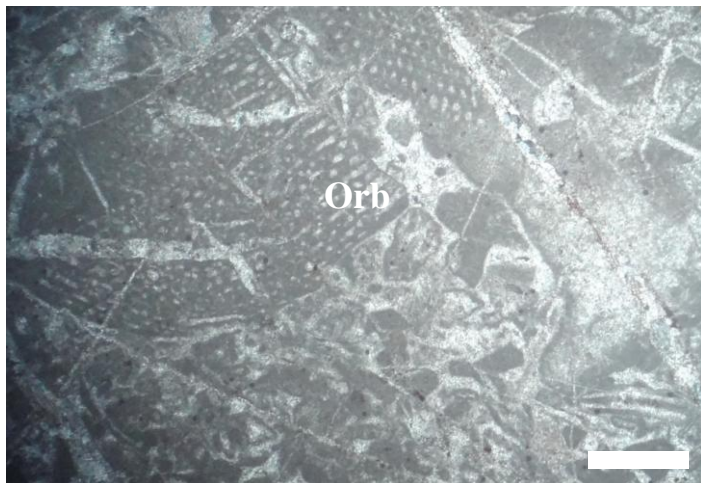



Fig.2 : Packstone à orbitolines. obj. x 2,5 (LN).



Fig.3 : Packstone à milioles à bordures micritisées. obj. x 2,5 (LN).

Echelle :  250 μ

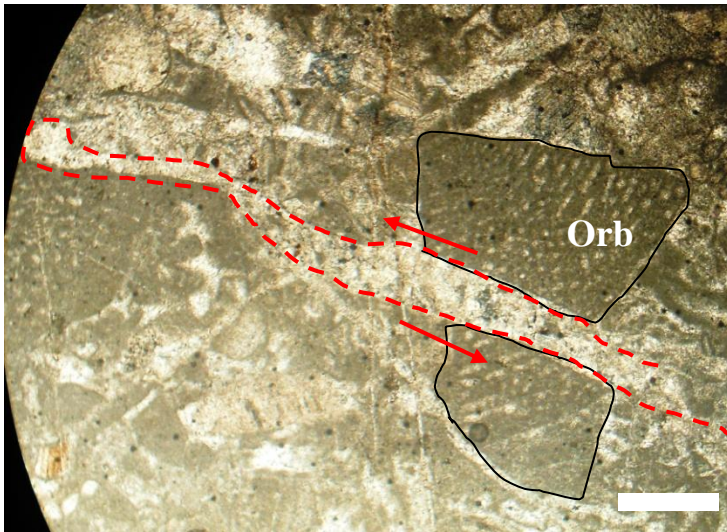


Fig.1 : Orbitoline traversée par un micro-cisaillement senestre.
obj. x 2,5 (LN).

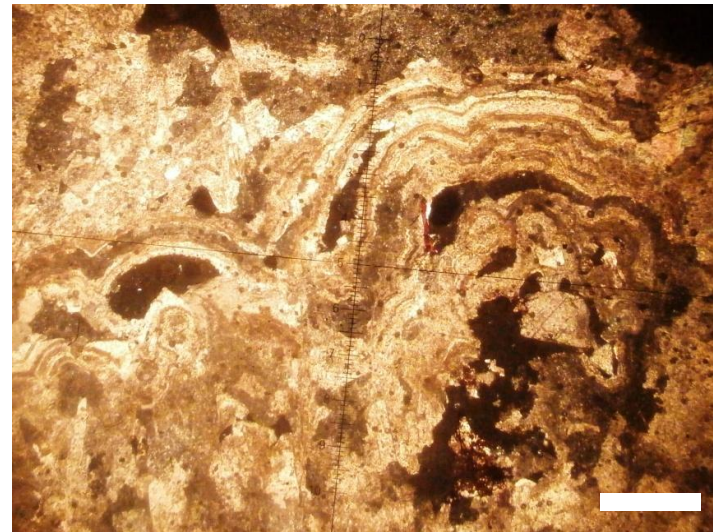


Fig.2 : Dissolution collomorphe.
obj. x 2,5 (LN).

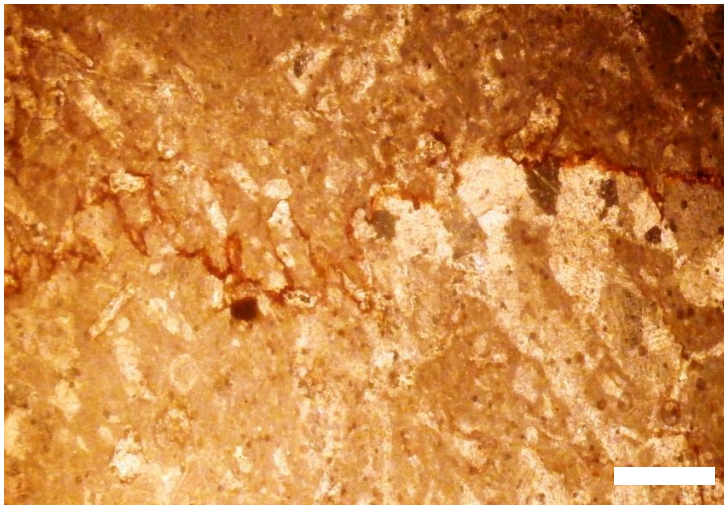


Fig.3 : Joints stylolithiques dans un wackestone.
obj. x 2,5 (LN).

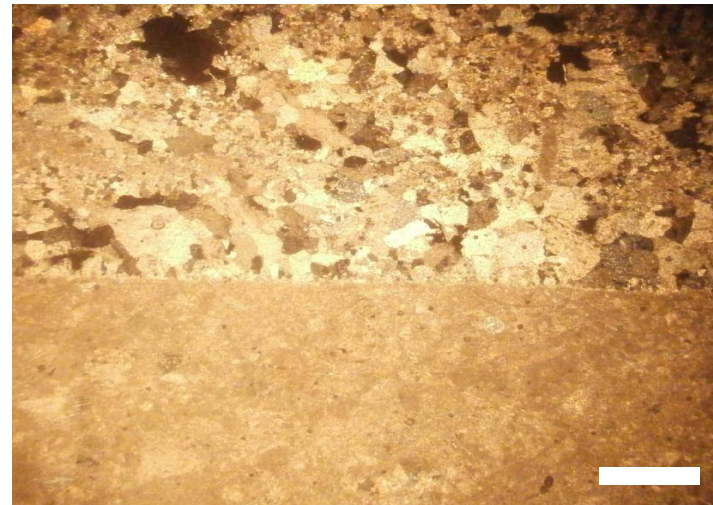



Fig.4 : Microfaille séparant un calcaire sparitique d'un calcaire micritique.
obj. x 2,5 (LN).

Echelle :  250 μ

Les différentes couleurs des dolomies de Teioualt



Fig. 1 : Dolomie
blanchâtre



Fig. 2 : Dolomie
oxydée rougeâtre



Fig. 3 : Dolomie
grisâtre

Echelle : x 1/2

Les différentes couleurs des dolomies de Teioualt



Fig. 1 : Dolomie gris-noirâtre



Fig. 2 : Dolomie gris-noirâtre



Fig. 3 : Dolomie noirâtre

Echelle : x 1/2



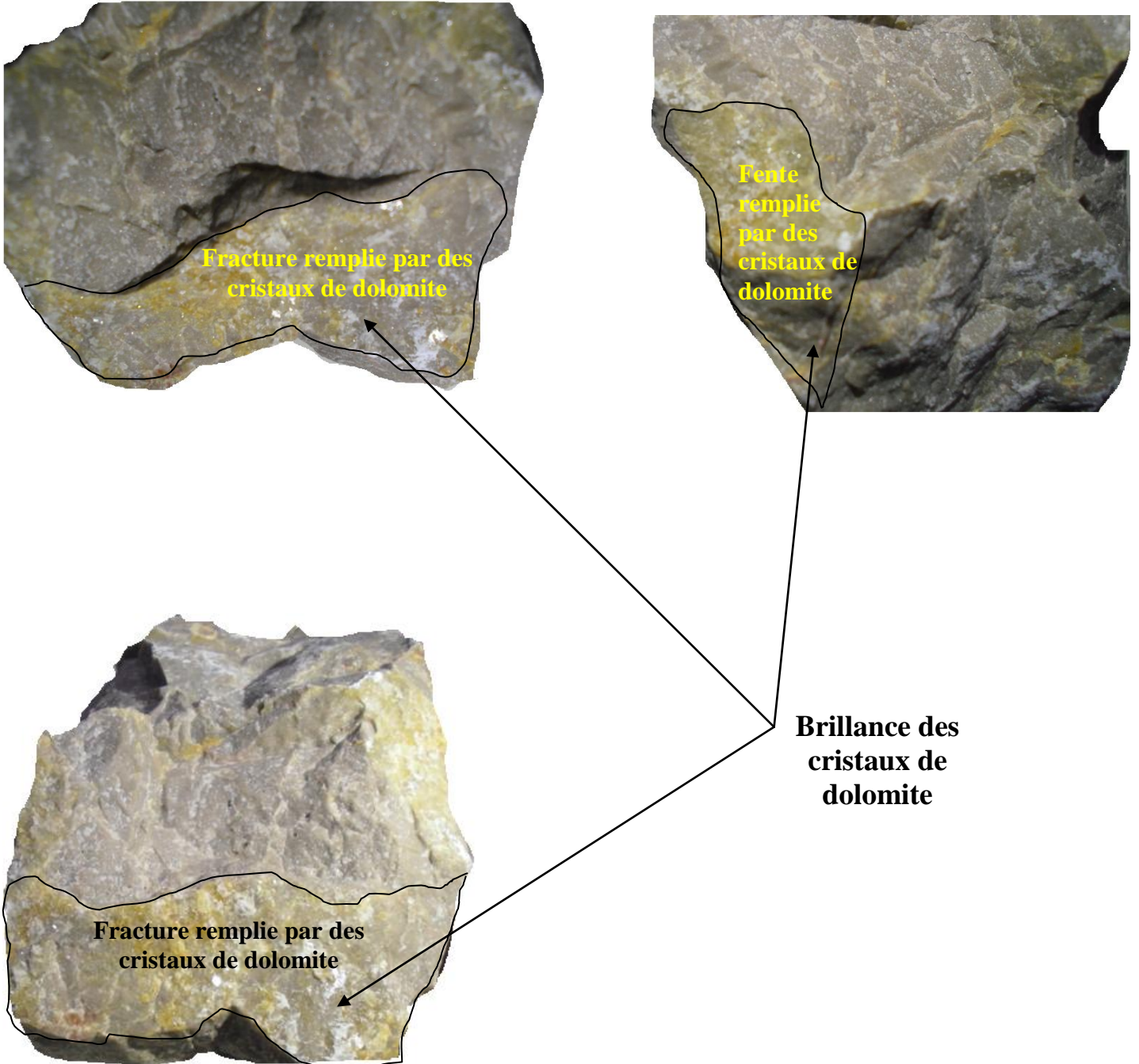
Fig. 1 : Dolomie
caverneuse



Fig. 2 : Brèche
tectonique dolomitique

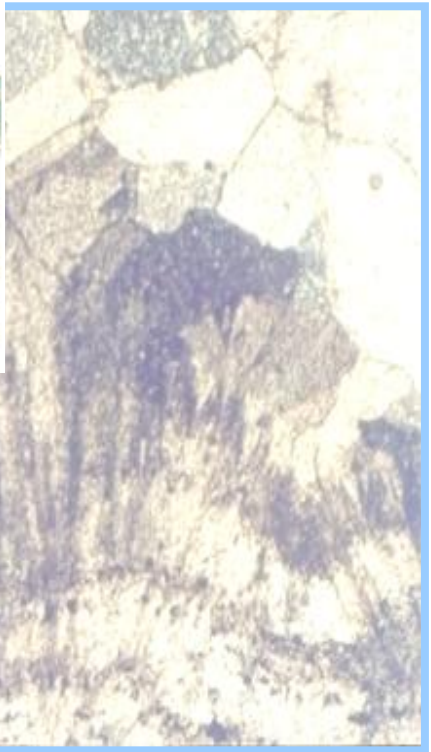
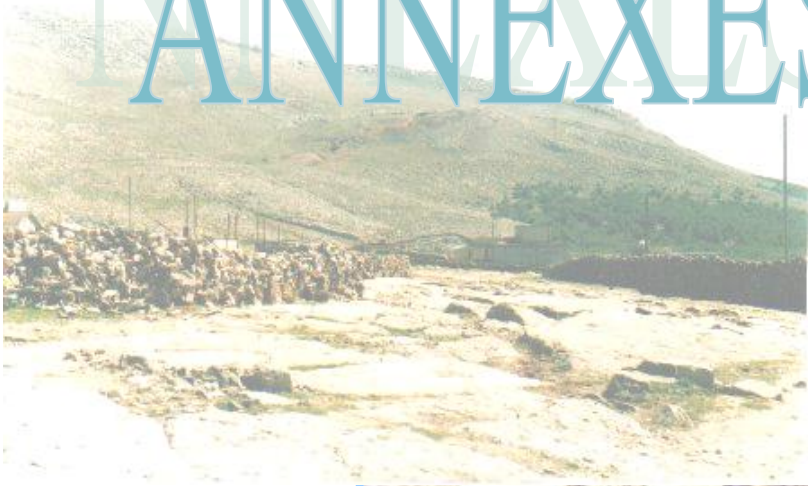
Echelle : x 1

Cristaux de dolomite développés dans les fractures et les fentes



Echelle : x 1/3

ANNEXES



Branche de l'industrie	Teneur en %					
	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O + Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
Sidérurgie	Plus de 28	Plus de 18	Moins de 2	Moins de 1		Moins de 1
Production de réfractaires	Moins de 32	Plus de 19	Moins de 3	Moins de 4		Moins de 4
Production du magnésium métallique	Moins de 32	Plus de 19,5	Moins de 2,5		Moins de 0,2	
Verrerie	Plus de 29	Plus de 19,5	Moins de 1,5	Moins de 0,8		Moins de 0,8
Industrie chimique	Plus de 17	Plus de 30	Moins de 4			
Agriculture	Moins de 32	Plus de 20				

Annexe 1 : Exigences aux dolomies pour la composition chimique

N° d'échantillons	Résultats des analyses			
	Poids spécifique gr/cm ³	Masse volumique Kg/m ³	Porosité (%)	Absorption d'eau (%)
1	2,87	2675	6,79	0,82
2	2,9	2590	10,69	1,12
3	2,95	2776	5,9	0,4
4	2,89	2644	2,51	0,89
5	2,86	2689	5,98	0,71
6	2,88	2776	3,61	0,42
7	2,88	2731	5,17	0,48
8	2,5	2695	7,07	0,76
9	2,91	2691	7,53	0,88
Total	26,04	24267	61,25	6,48
Moyenne	2,89	2696	6,8	0,72

Annexe 2 : Paramètres physiques des dolomies de Tédioualt (Sonarem, 1977)

N° d'échantillons	Teneur en oxydes (%)						
	CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	P.a.f
1	31,36	20,6	0,25	0,35			46,44
2	31,08	20,8	0,42	0,48			43,64
3	31,56	20,2	0,57	0,58			43,36
4	31,36	21	0,19	0,12			46,59
5	31,56	20,6	0,08	0,21			46,61
6	40,32	13,2	0,1	0,24			45,42
7	31,92	20,4	0,23	0,27			46,4
8	31,56	20,6	0,04	0,17			46,79
9	31,92	13,2	0,09	0,08			46,62
10	31,56	20,4	0,08	0,15			46,73
11	51,48	1,2	2,55	2,18			42,15
12	31,57	13,2	0,31	0,4			47,24
13	30,82	20,4	0,02	0,29			47,18
14	30,46	20,6	0,25	0,34			47,18
15	30,82	20,4	0,78	0,76			46,96
16	30,46	20,8	0,27	0,41			47,25
17	30,82	19,6	0,25	0,35			47,11
18	30,97	21,3	0,13	0,29			47,23
19	32,22	21,8	0,02	0,4			47,26
20	30,69	20,1	0,15	0,48			47,1
21	31,38	20,8	0,16	0,26			47,39
22	31,8	19,69	0,71	0,92			46,9
23	30,69	20,7	0,16	0,42			47,26
24	31,24	20,1	0,67	0,83			47,12
25	31,24	21,1	0,1	0,19			47,32
26	30,96	20,7	0,29	0,42			47,44
27	31,24	20,5	0,28	0,83			47,37
28	31,52	21,1	0,19	0,19			47,21
29	30,69	20,5	0,31	0,42			47,31
30	30,96	20,8	0,49	0,35			46,78
31	30,75	20,4	0,69	0,22			46,42
32	30,75	20,1	0,48	0,39			46,96
33	30,61	18,7	1,88	0,68			44,93
34	30,23	18,7	9,41	1,3			37,69
35	43,14	2,6	3,1	1,2			44,93
36	31,17	18	1,41	4,35			37,69
37	30,33	20	1	6,6			44,46
38	30,33	20,2	1,5	3,5			46,14
39	30,33	20,2	1	2,28			46,25
40	30,89	19,6	0,66	1,68			45,88
41	29,22	20,6	0,65	1,8			45,96
42	31,17	21,2	1,42	2,02			46,23

43	30,33	20,1	0,81	2,06		46,41
44	29,88	20,4	2,74	1		46,41
45	29,88	20,4	0,59	0,75		46,27
46	30,02	20,4	0,73	2,07		44,65
47	29,88	20,4	0,1	2,5		56,41
48	29,88	21,7	0,12	0,87		46,87
49	30,02	21,8	0,1	1,75		46,93
50	29,75	21,8	0,17	1,45		46,64
51	29,75	21,4	0,1	1,75		46,63
52	29,19	22	0,1	1,31		46,82
53	30,33	21,21	0,65	0,38		46,7
54	30,05	21,21	0,22	0,28		46,95
55	30,33	20,81	0,51	0,42		46,81
56	30,33	21,21	0,17	0,32		46,82
57	30,33	21,21	0,15	0,35		46,93
58	30,33	21,21	0,16	0,2		46,93
59	30,05	21,61	0,28	0,25		46,97
60	30,33	20,01	0,37	0,37		46,96
61	30,33	20,61	0,71	0,45		46,95
62	30,33	21,21	0,35	0,25		46,88
63	30,33	21,21	0,4	0,25		46,87
64	30,33	21,01	0,33	0,2		46,95
65	30,61	21,41	0,8	0,4		46,88
66	30,61	21,41	0,66	0,4		46,87
67	30,33	21,41	1,49	0,4		46,95
68	30,61	21,21	1,36	0,52		46,85
69	30,05	21,41	0,34	0,77		46,86
70	30,41	21,01	0,26	0,62		46,72
71	30,61	21,01	0,28	0,55		46,6
72	30,89	21,01	0,18	0,52		46,56
73	30,89	21,01	0,34	0,5		46,64
74	30,33	21,41	0,58	0,62		46,9
75	30,61	21,41	0,16	0,27		46,76
76	30,89	21,21	0,36	0,19		46,58
77	30,61	21,21	0,46	0,28		47,09
78	31,16	20,81	0,5	0,55		46,87
79	30,61	21,01	0,18	0,98		46,92
80	30,33	21,21	0,5	0,35		46,63
81	30,61	20,81	0,74	0,38		46,51
82	30,33	21,21	0,58	0,4		46,7
83	32	18,6	0,94	0,48		46,78
84	30,33	20,01	0,96	1,32		46,64
85	31,3	20,5	0,54	1,3		46,6
86	32,28	19,4	0,58	1,34		45,53

87	30,75	21	0,5	1,41			45,92
88	30,61	21	0,72	1,14			46,43
89	31,45	20,2	0,61	1,1			46,22
90	30,61	21	1,22	1,06			46,55
91	31,17	21	0,16	1,2			46,59
92	30,89	20,6	0,36	1,14			46,45
93	31,17	20,8	0,46	0,96			46,3
94	30,33	21,2	0,5	1,4			46,53
95	31,72	20,4	0,18	1,04			46,46
96	30,61	21,21	0,5	1,48			46,34
97	30,61	20,8	0,74	1,3			46,5
98	31,72	20	0,58	1,22			46,02
99	31,45	20,6	0,94	0,96			46,1
100	31,03	20,5	0,96	1,44			46,28
101	31,17	20,8	0,54	0,98			45,98
102	30,61	20,9	0,58	1,02			45,82
103	31,72	20,2	0,5	1,36			46,15
104	31,45	20,6	0,72	0,88			45,88
105	30,4	21,2	0,61	0,94			46,43
106	30,61	20,2	1,22	0,9			46,23
107	30,89	20,4	0,98	0,86			46,51
108	31,72	20,6	0,44	0,86			46,26
109	30,75	21,3	0,58	0,74			46,51
110	30,61	21,8	0,44	0,58			46,45
111	30,89	21,2	0,4	1,02			46,57
112	31,45	20,6	0,38	0,92			46,39
113	30,89	21,4	0,46	0,66			46,3
114	30,1	21,2	0,88	1,18			46,13
115	31,45	21	0,02	0,52			46,55
116	30,61	21,1	0,14	0,78			46,86
117	31,03	21,1	0,08	1			46,65
118	32,28	19,8	0,04	1,06			46,44
119	31,2	20,55	0,4	0,2	0,01	0,17	46,76
120	30,86	20,65	0,56	0,2	0,01	0,18	46,8
121	30,86	20,57	0,4	0,2	0,01	0,11	46,6
122	31,24	21,16	0,44	0,58	0,01	0,13	45,8
123	31,54	21,36	0,3	0,24	0,01	0,19	46
124	29,45	20,96	0,7	0,6	0,01	0,23	46,54
125	31,11	20,36	1	0,58	0,01	0,15	46,36
126	30,01	20,35	2,2	0,86	0,02	0,15	46,06
127	30,42	21,45	0,84	0,34	0,01	0,22	46,22
128	30,84	21,15	0,64	0,22	0,01	0,18	46,58
129	30,57	20,55	1,2	0,36	0,01	0,18	46,4
130	30,84	20,96	1,4	0,4	0,02	0,15	46

131	30,91	21	1,56	0,64	0,01	0,26	45,46
132	30,57	20,76	1,08	0,46	0,01	0,23	46,74
133	30,29	20,55	1,44	0,66	0,01	0,44	45,86
134	30,84	20,75	1,4	0,32	0,01	0,18	46,08
135	30,01	20,35	2,2	0,64	0,01	0,44	45,62
136	30,55	21,18	0,26	0,26	0,02	0,05	47,28
137	30,98	21,34	0,26	0,01	0,01	0,04	47,04
138	30,98	21,81	0,4	0,02	0,02	0,04	46,22
139	30,98	21,49	0,4	0,4	0,01	0,04	46,4
140	30,55	21,8	0,84	0,2	0,02	0,04	46,4
141	29,25	20,08	3,24	1,8	0,02	0,03	45,44
142	27,28	16,38	11,6	2,64	0,04	0,06	41,4
143	30,57	21,34	0,56	1,22	0,02	0,06	45,86
144	30,12	21,65	0,76	1,48	0,02	0,05	45,5
145	30,12	20,72	1,32	0,86	0,01	0,06	46,6
146	30,55	21,26	1,06	0,5	0,02	0,05	46,28
147	30,98	21,64	0,3	0,2	0,02	0,03	46,32
148	30,55	21,64	0,4	0,6	0,02	0,06	46,38
149	30,55	20,71	1,5	1,1	0,02	0,06	45,72
150	31,42	21,33	0,28	0,3	0,02	0,05	46,2
151	30,55	21,33	0,5	0,52	0,02	0,03	46,8
152	31,1	21,55	0,52	0,3			46,2
153	30,65	21,42	0,4	0,56			46,52
154	30,84	21,16	0,4	0,8			46,5
155	31,2	21,56	0,3	0,94			45,7
156	31,64	21,65	0,4	0,76			45,4
157	30,77	21,67	0,3	0,38			56,4
158	30,98	21,67	0,24	0,76			56
159	31,2	21,42	1	0,44			45,64
160	31,42	21,67	0,66	0,36			45,76
161	31,2	21,67	0,2	0,24			46,6
162	32,07	21,34	0,24	0,28			46,86
163	31,42	21,69	0,36	0,26			45,8
164	30,84	21,5	0,36	0,4			46,52
165	30,76	21,76	0,24	0,44			46,39
166	30,98	21,64	0,22	0,26			46,3
167	30,76	21,76	0,32	0,34			46,4
168	30,84	21,76	0,2	0,24			46,36
169	30,84	21,65	0,2	0,34			46,2
170	30,84	21,65	0,26	0,58			46,53
171	30,84	21,33	0,36	0,36			46,8
172	30,98	21,65	0,3	0,48			46,5
173	30,84	21,65	0,22	0,44			46,56
174	30,84	21,36	0,24	0,96			46,73

175	30,84	21,65	0,4	0,54		46,51
176	30,84	21,65	0,28	0,84		46,59
177	30,76	21,65	0,4	0,4		46,64
178	30,84	21,36	0,26	0,44		46,9
179	30,76	21,45	0,22	0,28		46,75
180	30,11	21,71	0,32	0,44		47,1
181	30,84	21,37	0,09	0,62		46,42
182	30,11	21,47	0,12	1,18		47,07
183	30,11	21,57	0,05	0,46		47,18
184	30,11	21,07	0,2	1,03		47,07
185	30,55	21,57	0,19	0,53		46,86
186	30,33	21,87	0,13	0,47		45,56
187	30,33	21,57	0,18	0,44		46,85
188	30,14	21,32	0,24	0,85		46,76
189	30,77	21,57	0,14	0,52		46,62
190	30,55	21,37	0,09	0,74		47,07
191	30,33	21,57	0,18	0,72		46,57
192	30,14	21,57	0,18	0,87		57,05
193	30,33	21,77	0,26	0,49		46,56
194	30,23	21,74	0,12	0,94		46,69
195	30,11	21,65	0,57	0,79		46,71
196	30,98	21,36	0,06	0,34		46,74
197	30,98	21,36	0,11	0,72		46,47
198	30,34	21,18	0,08	0,62		46,45
199	30,76	21,65	0,23	0,64		46,34
200	30,76	21,65	0,06	0,56		46,7
201	30,76	21,18	0,07	0,57		46,87
202	30,98	21,18	0,17	0,4		46,93
203	30,98	21,18	0,14	0,3		47
204	30,54	21,76	0,29	0,8		46,62
205	30,76	21,5	0,14	0,5		46,86
206	30,76	21,76	0,19	0,31		46,81
207	30,76	21,76	0,23	0,27		46,8
208	30,54	21,76	0,25	0,23		47,06
209	30,76	21,36	0,15	0,32		46,91
210	30,54	21,65	0,2	0,26		46,92
211	30,76	21,5	0,15	0,32		46,82
212	30,56	21,65	0,26	0,72		46,73
213	30,98	21,36	0,07	0,8		46,67
214	30,56	21,65	0,13	0,43		46,72
215	30,72	21,5	0,16	0,15		46,91
216	30,63	21,61	0,15	0,23		46,88
217	30,63	21,61	0,12	0,12		46,86
218	30,63	21,61	0,22	0,21		46,94

219	30,49	21,4	0,17	0,28		46,82
220	30,49	21,5	0,22	0,25		41,91
221	30,63	21,61	0,16	0,18		46,87
222	30,63	21,61	0,16	0,11		46,97
223	30,63	21,61	0,31	0,22		46,79
224	30,63	21,61	0,2	0,39		46,95
225	30,63	21,61	0,31	0,85		46,88
226	30,49	21,5	0,23	0,24		46,62
227	30,49	21,5	0,29	0,2		46,72
228	30,72	21,5	0,21	0,28		46,6
229	30,63	21,61	0,21	0,25		47,05
230	30,49	21,5	0,29	0,13		47,03
231	30,63	21,61	0,46	0,31		46,9
232	30,63	21,61	0,3	0,17		46,8
233	30,49	21,5	0,22	0,21		46,79
234	30,63	21,61	0,24	0,19		46,8
235	30,63	21,61	0,25	0,48		46,71
236	30,63	21,61	0,2	0,32		47
237	30,49	21,61	0,14	0,07		46,83
238	30,49	21,61	0,25	0,13		46,62
239	30,63	21,5	0,21	0,17		46,58
240	30,63	21,5	0,23	0,15		47,07
241	30,63	21,5	0,17	0,15		46,66
242	30,63	21,5	0,15	0,09		46,68
243	31,64	20,86	0,3	0,16		46,8
244	31,42	21,34	0,3	0,46		46,66
245	31,42	21,7	0,34	0,18		46,16
246	31,64	21,7	0,2	0,2		45,88
247	31,86	21,34	0,3	0,34		45,8
248	31,2	21,49	0,32	0,4		46,8
249	31,42	20,87	0,4	0,48		46,72
250	29,67	21,66	0,2	0,46		47,72
251	31,64	21,5	0,44	0,46		45,72
252	31,64	21,18	0,34	0,56		46,34
253	31,86	21,34	0,48	0,42		45,48
254	31,86	21,49	0,3	0,36		45,8
255	31,86	21,68	0,28	0,26		45,56
256	31,86	21,34	0,32	0,12		46,42
257	31,86	21,65	0,26	0,2		45,62
258	31,86	21,34	0,26	0,3		46
259	31,86	21,65	0,4	0,3		45,46
260	30,98	21,65	0,44	0,4		46,4
261	31,42	21,65	0,28	0,4		45,82
262	32,07	21,65	0,36	0,12		45,32

263	30	21,3	0,72	0,6		47,2
264	30	21,4	0,6	0,78		47,3
265	30,24	21,2	0,7	0,95		47
266	25,15	15,16	14,75	9		36
267	30,06	20,78	1,09	1,84		46,4
268	26,59	17,2	11,6	5,47		39
269	27	19	9,4	2,45		42
270	27	16,33	10,06	7,75		38,8
271	30	21,3	0,28	1,33		47
272	30,28	21,3	0,33	1,15		47
273	29,29	21,61	0,75	1,65		46,5
274	30	21,3	0,3	1,2		47,3
275	30,04	21,41	0,4	0,96		47
276	30	21,52	0,45	1,39		46,62
277	30,1	21,31	0,68	1,05		46,7

Annexe 3 : Analyses chimiques des dolomies de Teioualt (Sonarem, 1977)

N° d'échantillons	Teneurs en %			
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
1	0,1	0,05	Traces	0,03
2	0,07	0,16	Traces	0,01
3	0,05	0,07	Traces	0,02
4	0,09	0,13	Traces	0,07
5	0,09	0,19	Traces	0,04
6	0,1	0,15	Traces	0,02
7	0,1	0,08	Traces	0,01
8	0,06	0,05	Traces	0,02
9	0,12	0,1	Traces	0,02
10	0,09	0,3	Traces	0,01
11	0,3	0,55	Traces	0,02
12	0,13	0,11	Traces	0,02
13	0,09	0,11	Traces	0,02
14	0,1	0,16	Traces	0,01
15	0,12	0,13	Traces	0,01
16	0,05	0,08	Traces	0,02
17	0,05	0,22	0,02	0,02
18	0,05	0,12	0,01	0,02
19	0,03	0,18	Traces	0,02
20	0,05	0,14	0,02	0,02
21	0,01	0,47	0	0,02
22	0,02	0,3	0,01	0,02
23	0,01	0,06	0	0,01
24	0,02	0,11	0,02	0,03
25	0,06	0,11	0,01	0,02
26	0,06	0,09	Traces	0,01
27	0,04	0,11	Traces	0,02
28	0,04	0,05	0	0,02

Annexe 4 : Analyses chimiques des dolomies de Teioualt (Sonarem, 1977)

Lieux de prélèvement				Teneur (%)				P.a.f.
Désignation	Intervalle (m)			CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	
	De	à	Total					
Profil 1			50,0	30,93	20,80	0,33	0,44	47,16
Profil 2			100,0	31,20	20,68	0,33	0,46	47,16
Profil 3			70,0	32,79	19,46	0,24	0,43	45,50
Profil 4			40,0	31,74	20,50	0,11	0,17	46,64
Sommet 1061			10,0	32,28	19,80	0,04	1,06	46,62

Annexe 5 : Analyses chimiques des échantillons de surface (Sonarem, 1977)

Lieux de prélèvement				Teneur (%)				P.a.f.
Désignation	Intervalle (m)			CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	
	De	à	Total					
Tranchée 1			270,0	31,39	19,51	1,22	1,36	46,18
Tranchée 2			228,7	30,99	20,74	0,52	0,98	46,57

Annexe 6 : Analyses chimiques des échantillons de tranchées (Sonarem, 1977)

Lieux de prélèvement				Teneur (%)				P.a.f.
Désignation	Intervalle (m)			CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	
	De	à	Total					
Sondage S1	0,0	28,8	28,8	28,80	21,23	0,77		46,32
Sondage S2	0,0	40,5	40,5	30,00	20,95	1,62	0,94	45,32
Sondage S3	0,0	60,6	60,6	30,24	21,46	0,42	0,82	46,63
Sondage S4	0,0	49,5	49,5	30,55	20,70	0,42	0,82	46,63
Sondage S5	0,0	45,5	45,5	31,17	21,47	0,56	0,63	45,73
Sondage S6	0,0	62,3	62,3	30,81	21,58	0,28	0,48	46,56
Sondage S7	0,0	65,4	65,4	30,75	21,77	0,16	0,52	46,78
Sondage S8	0,0	90,0	90,0	30,58	21,56	0,22	0,27	46,14
Sondage S9	0,0	81,0	81,0	31,48	21,42	0,35	0,41	46,14

Annexe 7 : Analyses chimiques des échantillons de sondages (Sonarem, 1977)

Désignation	Lieux de prélèvement			Teneur (%)	
	Intervalle (m)			P ₂ O ₅	SO ₃
	De	à	Total		
Sondage S1	0,0	3,6	3,60	0,01	0,06
	3,6	7,1	3,50	0,02	0,03
	7,1	10,6	3,50	0,02	0,03
	10,6	15,2	4,60	0,02	0,06
	15,2	20,0	4,80	0,02	0,06
	20,0	24,0	4,00	0,02	0,05
	24,0	28,8	4,80	0,02	0,03
Sondage S2	0,0	3,0	3,00	0,02	0,05
	3,0	7,9	4,90	0,01	0,04
	7,9	10,9	3,00	0,02	0,04
	10,9	14,4	3,50	0,01	0,04
	14,4	18,2	3,80	0,02	0,04
	28,2	30,2	2,00	0,02	0,03
	31,0	33,4	2,40	0,04	0,06
	33,4	37,4	4,00	0,02	0,06
	37,4	40,5	3,10	0,02	0,05
Sondage S4	0,0	1,2	1,2	0,01	0,17
	1,2	3,2	2,0	0,01	0,18
	3,2	6,2	3,0	0,01	0,11
	6,2	8,6	2,4	0,01	0,13
	8,6	12,2	3,6	0,01	0,19
	12,2	15,2	3,0	0,01	0,25
	15,2	18,1	2,9	0,01	0,15
	19,0	21,5	2,5	0,01	0,15
	21,5	24,2	2,7	0,01	0,25
	24,2	27,4	3,2	0,01	0,16
	27,4	29,4	2,0	0,01	0,18
	29,4	31,9	2,5	0,01	0,15
	31,9	33,8	1,9	0,01	0,26
	33,8	36,7	2,9	0,01	0,23
	36,7	40,9	4,2	0,01	0,44
40,9	44,5	3,6	0,00	0,18	
44,5	49,5	5,0	0,01	0,44	

Annexe 8 : Résultats des analyses chimiques : P₂O₅ et SO₃ (Sonarem, 1977)

Lieux de prélèvement			Teneur (%)				
Désignation	Intervalle (m)			Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
	De	à	Total				
Sondage S8	0,0	3,5	3,5	0,10	0,05	Traces	0,05
	3,5	8,3	4,8	0,07	0,16	Traces	0,01
	8,3	11,8	3,5	0,05	0,07	Traces	0,02
	11,8	15,3	3,5	0,09	0,13	Traces	0,07
	15,3	19,0	3,7	0,09	0,19	Traces	0,04
	20,6	23,6	3,0	0,10	0,15	Traces	0,02
	23,6	26,6	3,0	0,10	0,09	Traces	0,01
	26,6	29,6	3,0	0,06	0,05	Traces	0,02
	29,6	32,6	3,0	0,12	0,10	Traces	0,02
	32,6	35,6	3,0	0,09	0,50	Traces	0,01
	35,6	38,6	3,0	0,30	0,55	Traces	0,02
	38,6	41,6	3,0	0,13	0,11	Traces	0,02
	41,6	44,6	3,0	0,09	0,11	Traces	0,02
	44,6	47,6	3,0	0,10	0,16	Traces	0,02
	47,6	50,4	2,8	0,12	0,13	Traces	0,02
	50,4	53,6	3,2	0,05	0,08	Traces	0,02
	53,6	56,6	3,0	0,05	0,22	0,02	0,02
	56,6	59,6	3,0	0,05	0,12	0,01	0,02
	59,6	62,6	3,0	0,05	0,18	Traces	0,02
	62,6	65,2	2,6	0,05	0,14	0,02	0,02
65,2	68,0	2,8	0,01	0,47	0,00	0,02	
69,1	72,1	3,0	0,02	0,30	0,01	0,02	
72,1	75,1	3,0	0,01	0,06	0,00	0,01	
75,1	78,1	3,0	0,02	0,11	0,02	0,05	
78,1	81,1	3,0	0,06	0,11	0,01	0,02	
81,1	84,6	3,5	0,06	0,09	Traces	0,02	
87,7	90,0	2,3	0,04	0,05	0,00	0,02	

Annexe 9 : Résultats des analyses chimiques : Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O et Na₂O
(Sonarem, 1977)

Lieu de prélèvement	Intervalle des prélèvements	Résultats des analyses			
		Poids spécifique (gr/cm ³)	Masse volumique (kg/m ³)	Porosité (%)	Absorption d'eau (%)
Sondage S1	5	2,87	2675	6,79	0,82
Sondage S3	10	2,90	2590	10,69	1,12
	30	2,95	2776	5,90	0,4
	40	2,89	2644	2,51	0,89
Sondage S5	20	2,86	2689	5,98	0,71
	30	2,88	2776	3,61	0,42
Sondage S6	50	2,88	2731	5,17	0,48
Sondage S8	40	2,50	2695	7,07	0,76
	60	2,91	2691	7,53	0,88

Annexe 10 : Résultats des analyses physico-mécaniques sur les échantillons de sondages (Sonarem, 1977)

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 : Localisation géographique de la région d'étude.....	13
Fig. 2 : Un des massifs d'Aïn M'lila (dj. Teioualt) émergeant d'une plaine à dépôts quaternaires.....	14
Fig. 3 : Toponymie et situation des monts d'Aïn M'lila par rapport aux monts de Constantine.....	15
Fig. 4 : Situation des monts d'Aïn M'lila dans leur contexte maghrébin.....	19
Fig. 5 : Cadre structural africain et ibérique de la chaîne tello-rifaine.....	23
Fig. 6 : Schéma structural simplifié des Maghrébides.....	23
Fig. 7 : Coupe géologique schématique illustrant les relations structurales entre les différentes unités de la chaîne alpine d'Algérie orientale.....	24
Fig. 8 : Esquisse structurale du Nord-Est algérien.....	27
Fig. 9 : Plan de position des séries néritiques constantinoises.....	29
Fig. 10 : Log stratigraphique du djebel Anouda.....	42
Fig. 11 : Log stratigraphique des djebels Tolba et Nif Ennser.....	43
Fig. 12 : Log stratigraphique de Koudiat Gabel el Djemaa.....	44
Fig. 13 : Log stratigraphique du djebel Guelaat Ouled Sellem.....	45
Fig. 14 : Coupe géologique schématique montrant le passage Aptien-Cénomaniens dans la vallée des djebels Tolba et Guelaat Ouled Hadj.....	47
Fig. 15 : Log stratigraphique du Crétacé supérieur, le Paléocène et l'Eocène.....	49
Fig. 16 : Carte géologique des monts d'Aïn M'lila.....	50
Fig. 17 : Schéma structural des monts d'Aïn M'lila.....	54
Fig. 18 : Carte des formations du néritique constantinois avec position du massif de Teioualt.....	56
Fig. 19 : Vue panoramique de la région d'étude.....	57
Fig. 20 : Extrait de la carte géologique d'Aïn M'lila au 1/50000.....	60
Fig. 21 : Coupe géologique du djebel Teioualt.....	61
Fig. 22 : Colluvions, couverture IV ^{aire} des formations carbonatées du Crétacé.....	62
Fig. 23 : Esquisse structurale du massif de Teioualt.....	64
Fig. 24 : Les différents types de dolomies du djebel Teioualt et le contact anormal entre les dolomies valanginiennes et les marnes tertiaires.....	65
Fig. 25 : Log stratigraphique du djebel Teioualt.....	66
Fig. 26 : Importants accidents conjugués séparant deux types de dolomies.....	67
Fig. 27 : Miroirs de décrochements conjugués.....	67
Fig. 28 : Décrochement dextre NW-SE limitant le dj. Teioualt à l'Ouest.....	68
Fig. 29 : Classification des roches calcaires d'après Dunham (1962) et Embry & Klovan (1972).....	74
Fig. 30 : Classification des roches dolomitiques d'après Sibley et Gregg (1987).....	76
Fig. 31 : Répartition des environnements sur une plate-forme avec barrière.....	86
Fig. 32(a) : Caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés (Critères biologiques).....	87

Fig. 32(b) : Caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés (Critères dynamiques).....	88
Fig. 32(c) : Caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés (Critères physico-chimiques).....	89
Fig. 33 : Les différentes phases de la diagenèse des roches consolidées.....	92
Fig. 34 : Dolomie caverneuse.....	95
Fig. 35 : Dolomie unimodale, finement grenue, planaire « s » avec remplissage calcitique.....	95
Fig. 36 : Dolomie finement à moyennement grenue	96
Fig. 37 : Dolomie finement à moyennement grenue avec une porosité de fracturation et intragranulaire à remplissage calcitique.....	96
Fig. 38 : Dolomie planaire « e ».....	96
Fig. 39 : Dolomie polymodale, finement grenue, planaire « s » à planaire « e », renfermant des rhomboèdres à cœur sombre.....	97
Fig. 40 : Rhomboèdres à cœur sombre d'une dolomie planaire « s » à « e » à distribution polymodale.....	97
Fig. 41 : Dolomie avec quelques foraminifères benthiques et des traces de fossiles non identifiés.....	97
Fig. 42 : Dolomie moyennement grenue avec des traces de fossiles de grande taille....	97
Fig. 43 : Dolomie avec des traces de fossiles.....	98
Fig. 44 : Dolomie moyennement grenue avec une porosité de fracturation, à remplissage d'oxydes de fer, et une porosité vacuolaire.....	98
Fig. 45 : Microbrèches tectoniques de dolomie.....	98
Fig. 46 : Microbrèches de dolomie cimentées par des oxydes.....	98
Fig. 47 : Wackstone à dasycladacées et débris de lamellibranches.....	99
Fig. 48 : Wackestone à débris d'orbitolines et lamellibranches.....	100
Fig. 49 : Packstone à milioles.....	100
Fig. 50 : Packstone à gastéropodes.....	100
Fig. 51 : Packstone à orbitolines.....	101
Fig. 52 : Packstone à milioles à bordures micritisées.....	101
Fig. 53 : Orbitoline traversée par un micro-cisaillement senestre.....	101
Fig. 54 : Dissolution collomorphe.....	101
Fig. 55 : Joints stylolithiques dans un wackestone.....	104
Fig. 56 : Microfaille séparant un calcaire sparitique d'un calcaire micritique.....	104
Fig. 57 : Localisation de la carrière du djebel Teioualt.....	110
Fig. 58 : Carrière de Teioualt et la ville la plus proche.....	111
Fig. 59 : Coupe schématique de la carrière de Teioualt.....	112
Fig. 60 : Les gradins de la carrière de Teioualt.....	113
Fig. 61 : Variation d'Ouest en Est des dolomies du massif de Teioualt.....	113
Fig. 62 : Plan de la carrière de Teioualt au 1/1000.....	114
Fig. 63 : Dolomie en boules présentes dans les poches karstiques.....	117
Fig. 64 : Dolomies rougeâtres très oxydées et très fracturées.....	117
Fig. 65 : Dolomies blanchâtres à l'Ouest du dj. Teioualt à 980m.....	118

Fig. 66 : Dolomie blanchâtre vacuolaire au toucher rugueux.....	118
Fig. 67 : Rôle de la tectonique dans la variation des dolomies.....	119
Fig. 68 : Reconstitution lithologique du secteur échantillonné à Kef El-Ahmar.....	125
Fig. 69 : Graphiques de corrélation.....	127
Fig. 70 : Courbe ATG-ATD du composite 1 « haut fer ».....	129
Fig. 71 : Courbe ATG-ATD du composite 2 « bas fer ».....	130

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nomenclature des carbonates par L. Cayeux (1935).....	71
Tableau 2 : Nomenclature du mélange calcaire-argile.....	72
Tableau 3 : Classification des calcaires d'après Dunham (1962).....	73
Tableau 4 : Principe de classification des dolomies.....	77
Tableau 5 : Chronologie des phénomènes diagénétiques du massif de Teioualt.....	107
Tableau 6 : Valeurs des différents paramètres du gisement de Teioualt.....	120
Tableau 7 : Coordonnées des sondages et des tranchées réalisés.....	122
Tableau 8 : Analyses chimiques des dolomies de Teioualt.....	123
Tableau 9 : Paramètres physiques des dolomies de Teioualt.....	123
Tableau 10 : Analyses chimiques des dolomies du djebel Teioualt.....	126
Tableau 11 : Degré de blancheur et analyses chimiques d'une dolomie blanchâtre du massif de Teioualt.....	131
Tableau 12 : Analyses chimiques des dolomies du djebel Teioualt après cuisson.....	132

Résumé

La région d'Aïn M'lila, située dans l'Est algérien, fait partie des zones externes de la chaîne alpine d'Algérie orientale.

C'est une zone caractérisée par d'importants dépôts carbonatés (calcaires et dolomies). Ces dépôts qui sont, en leur majorité, d'âge Crétacé, ont été affectés par des phénomènes diagénétiques tels que les dissolutions, les remplacements, les compactions...etc.

Sur le plan structural, les massifs d'Aïn M'lila se caractérisent par une tectonique, surtout, cassante, avec des structures plissées. Ces structures sont aussi affectées par de nombreux accidents. Parmi ces accidents cassants, on peut citer les décrochements qui sont très nombreux et dont la direction est généralement NW-SE. Des accidents de direction N-S sont aussi présents sous formes de failles, surtout, normales.

Les affleurements constituant le Valanginien des massifs d'Aïn M'lila sont principalement formés de dolomies. Sur le plan industriel, ces dolomies forment d'importants gisements d'exploitation. De nombreuses carrières, dont celle du massif de Teioualt, ont été implantées dans cette région. Le principal objectif de ces carrières est l'exploitation de cette dolomie valanginienne dont les propriétés physiques, mécaniques ainsi que chimiques les rendent appréciables à l'exploitation et répondent ainsi aux exigences de plusieurs domaines industriels.

Une connaissance plus détaillées de ce type de roches de point de vue sédimentaire, pétrographique et diagénétique est d'une grande importance pour la compréhension de la genèse de la dolomie (dolomitisation), de sa transformation (dédolomitisation) ainsi que sa répartition dans l'espace. La caractérisation des propriétés physico-chimiques de ces dolomies sont aussi d'une importance considérable pour la confirmation de la qualité du matériau.

En projetant le cas du gisement du massif de Teioualt, sur les formations dolomitiques des autres massifs d'Aïn M'lila, cette dolomie valanginienne peut constituer une valeur sûre pour de futures exploitations.