

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD – TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Laboratoire de recherche N°25

**PROMOTION DES RESSOURCES HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET MINIERES
LEGISLATION ET CHOIX TECHNOLOGIQUE**



MEMOIRE

Présenté Par

KAHOUADJI Saffa & AMEUR Ammara

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Géodynamique des bassins sédimentaires

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET MINIERE
DU SITE DE DJEBEL DHAR EL MENDJEL
(ENG-EL MALAH, AIN TEMOUCHENT)**

Soutenu le Mardi 30 Juillet 2019, devant le jury :

Président	Mr. KACEMI Ali	Maitre de Conférence	Université Tlemcen
Encadreur	Mr. BOUCIF Abdelkader	Maître Assistant	Université Tlemcen
Co-encadreur	Mr. BENZAZZA Rachid	Directeur	ENG-El Malah
Examineur	Mr. HEBIB Hakim	Maitre de Conférence	Université Tlemcen

Année universitaire : 2018-2019

Remerciements

Tout d'abord, à remercier Allah, le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour terminer ce modeste travail.

*Le travail présenté doit beaucoup aux conseils et aux orientations de notre encadreur monsieur Abdelkader **Abdelkader BOUCIF**, qui nous a bien guidés le long de notre travail. Nous voudrions surtout le remercier pour l'esprit de tolérance avec lequel il a su diriger ce mémoire ainsi que pour la confiance accordée et de cette touche d'autonomie qu'il a su insuffler à notre travail.*

*Nos remerciements vont à monsieur le Docteur **Ali KACEMI**, qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury. Encore, pour sa contribution à notre formation durant notre cursus universitaire. Qu'il trouve le témoignage de notre gratitude comme nous serons très honorées de vous voir le jour de la soutenance.*

*Notre vifs remerciements s'adressent, plus particulièrement, à monsieur le Directeur de l'ENG d'El Malah, **Labdelli BENAZA** notre co-promoteur, pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail, de nous avoir énormément aidées à terminer notre mémoire malgré ses préoccupations interminables. Sans doute ce travail ne sera guère achevé sans votre suivi. Nous serons très honorées de vous voir le jour de notre soutenance comme co-rapporteur.*

*Notre remerciements vont à monsieur **HEBIB Hakim**, Maitre de conférence, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail. Nous comptons beaucoup sur vos remarques afin d'améliorer la qualité de notre travail surtout dans la partie systématique. Nous serons très honorées de vous voir le jour de notre soutenance en qualité d'examineur.*

Nous sommes très reconnaissants à l'ensemble des enseignants de notre département de nous avoir formés, aux ingénieurs de laboratoire de nous avoir mis à notre disposition les différents moyens et outils de travail.

Nous ne pouvons terminer ces remerciements sans saluer le staff de l'Entreprise Nationale de granulat, unité d'El Maleh, sans distinction de l'agent de sécurité au premier responsable.

Nos félicitations pour nos collègues qui ont soutenu leurs mémoires de Master et nos encouragements au reste.

*Notre totale gratitude à Mme **Fedela Saouli** de nous avoir mis à notre disposition le matériel nécessaire pour accomplir notre mémoire.*

A toute personne qui a contribué de loin ou de près à l'achèvement de ce modeste travail

*Enfin, nous saluons notre honorable professeur **Mustapha Bensalah** pour ces encouragements durant la réalisation de ce modeste travail.*



Dédicaces

Je tiens à remercier ma mère, ma femme et mes enfants, ma fille Kawtar qui a eu à l'occasion son BAC, mon fils Mouad Abderrahmane et aux jumelles Assil et Ritedj qui m'ont aidé moralement pour réaliser ce modeste travail, je leurs dédie ce travail.

Saffa

Je dédie ce modeste travail,

Tout d'abord à ma très chère maman avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions, la femme qui m'a apporté tout ma vie, et qui m'a enveloppé de gentillesse et d'affection, qui me guide de bienveillance ; Ta présence à mes côtés toujours ma source de force pour affronter les différents obstacles ; A la femme la plus extraordinaire et la plus douce du monde, je vous t'exprime mon profond amour.

A mon père et mon frère, et toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

A tous ceux que je porte dans mon cœur.

A mes estimés professeurs, qui ont joué un rôle important dans les conseils et l'orientation tout au long de notre carrière universitaire.

Ammara

ملخص:

إن هذا العمل المتواضع يحتوي على هدفين وهما في أول الأمر إنجاز دراسة جيولوجية للمنطقة موضوع هذا المشروع بإعداد ملخص للأشغال السابقة لإثراء الجانب الجيولوجي لموقع الدراسة، أما الهدف الثاني يتمحور بالخصوص على الجانب المنجمي شاملا أشغال الاستخراج الصخور المنجزة من طرف المؤسسة الوطنية للحصى وحدة المالح. إن هذا العمل قد يقودنا إلى دراسة التشققات الموجودة في الكتلة الصخرية لجبل ظهر المنجل الواقع على بعد 18 كلم شمال مدينة عين تموشنت.

الكلمات المفتاحية: جبل ظهر المنجل، عين تموشنت، المؤسسة الوطنية للحصى، دراسة جيولوجية، الجانب المنجمي، دراسة التشققات.

Résumé

Le présent travail comporte deux objectifs principaux, il s'agit en premier de faire une contribution à l'étude géologique de la région d'étude d'où il est nécessaire d'établir une synthèse des travaux antérieurs afin d'enrichir le cadre géologique du site étudié. Le deuxième est d'ordre minier comportant le suivi des travaux d'extraction de la roche effectués par l'Entreprise Nationale de Granulat (ENG-Unité d'El Maleh). Entre autres, cette présente étude va nous permettre de dévoiler les caractéristiques de la fracturation présente dans le massif rocheux du Djebel de Dhar El Mendjel situé à 18 km au Nord de la ville d'Ain Temouchent.

Mots-Clés : Djebel Dhar El Mendjel, Ain Temouchent, Entreprise Nationale de Granulat, étude géologique, minier, fracturation.

Abstract:

This work has two main objectives: first, to contribute to the geological study of the interested area from which it is necessary to draw up a synthesis of the previous work in order to enrich the geological studies of our site. The second is a mining project involving the monitoring of rock extraction work carried out by the National Aggregate Company (ENG - El Maleh Unit). Among other things, this present study will allow us to reveal the characteristics of the fractures existing in the rock of the Dhar El Mendjel Djebel, located at 18 km North of Ain Temouchent.

Keywords: Dhar El Mendjel Djebel, Ain Temouchent, National Aggregate Company, geological studies, mining project,

Table des matières

Table des matières

Remerciement.....	1
ملخص.....	2
Résumé.....	2
Abstract.....	2
Table des matières.....	4
CHAPITRE I : GENERALITES	
I. INTRODUCTION.....	7
II. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE.....	8
1. Cadre général.....	8
1.1. Un domaine interne.....	8
1.2. Un domaine des Flyschs.....	8
1.2.1. Les flyschs Mauritanien.....	8
1.2.2. Les flyschs Massyliens.....	9
1.2.3. Les flyschs Numidiens.....	9
1.3. Un domaine externe.....	10
2. Région d'étude.....	11
III. GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE.....	12
IV. HISTORIQUE DES TRAVAUX.....	13
1. Première période (1830 - 1903).....	13
2. Deuxième période (1908 - 1925).....	13
3. Troisième période (1925 - 1964).....	14
4. Quatrième période (1964 jusqu'à nos jours).....	15
VI. BUT ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	16
1. Objectifs de travail.....	16
2. Méthodologie de travail.....	16
CHAPITRE II : GEOLOGIE	
I. INTRODUCTION.....	18
II. CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL.....	19
1. sur le plan géologique régional.....	19
1.1. La zone atlasique.....	19
1.2. La zone Tellienne.....	19
1.2.1. L'autochtone et le para autochtone.....	20
1.2.2. L'allochtone métamorphique.....	20
1.2.3. L'allochtone non métamorphique.....	20
1.2.4. Lambeaux du Numidien (unité du Flysch Nord maghrébin).....	20
2. Sur le plan lithostratigraphique.....	21
2.1. Les terrains sédimentaires.....	21
2.1.1. Le Trias.....	21
2.1.2. Les calcaires liasiques.....	21
2.1.3. Les schistes callovo-oxfordien.....	21
2.1.4. Les formations néocomiennes.....	21
2.1.5. Les terrains quaternaires.....	21
2.2. Les terrains volcaniques.....	22
3. Sur le plan Structural.....	22
3.1. Allochtone à affinité rifaine.....	24

3.1.1. Unité des massifs d'El Maleh.....	24
3.1.1.1. Groupe carbonaté.....	24
3.1.1.2. Les schistes.....	24
3.1.1.3. Complexe triasique.....	24
4. Tectonique tello-rifaine.....	24
4.1. La période pré-tectonique.....	24
4.2. La période tectonique.....	25
4.3. La période tardi-tectonique.....	25
5. Les phases de plissement	25
5.1. Première phase de plissement.....	25
5.2. La deuxième phase de plissement.....	25
6. Géologie du Secteur d'étude.....	25
6.1. Les marnes schisteuses.....	25
6.2. Les calcaires et les dolomies.....	26
6.3. Les formations bréchiques.....	26
7. Infrastructures énergétique et routière.....	26
8. La topographie du gisement.....	26
9. Hydrographie.....	27
10. Hydrogéologie.....	27
10.1. La nappe des calcaires liasiques.....	27
10.2. La nappe des alluvions quaternaires.....	27
10.3. La nappe du pliocène continental.....	27
CHAPITRE III : PROCESSUS D'EXTRACTION DE LA ROCHE	
I. INTRODUCTION.....	
II. APERÇU SUR L'ENG D'EL MALEH.....	29
III. ETAPES D'EXTRACTION DE LA ROCHE.....	29
1. Les travaux préparatoires ou de découverte.....	29
2. L'extraction de la roche.....	29
2.1. Foration.....	30
2.1.1. Paramètre d'un trou de mine.....	31
a. L'angle de l'inclinaison.....	31
b. Le nombre de rangées.....	32
c. Le diamètre du trou de mine foré.....	33
d. La profondeur du trou de mine.....	33
e. La maille de foration.....	33
f. La Surfuration.....	33
g. Le bourrage.....	33
2.2. Le tir de mine (Minage ou abattage par explosifs)	34
2.2.1. La nature des explosifs utilisés.....	34
2.3. Les travaux de chargement.....	37
2.3.1. Rendement.....	38
a. Nombre de godet pour le chargement d'un camion (N_g)	38
b. Temps de chargement d'un camion (T_{ch})	38
c. Rendement de chargement R	38
2.4. Le transport.....	39
2.4.1. Rendement d'un camion par poste R_c	40

2.5. Concassage.....	40
2.6. Le stockage.....	41
CHAPITRE IV : ETUDE DE LA FRACTURATION	
I. INTRODUCTION.....	43
II. DEFINITIONS.....	43
1. Massif rocheux.....	43
2. Discontinuité.....	43
2.1. Types de discontinuités.....	43
2.1.1. Plan de stratification.....	43
2.1.2. Changement de faciès.....	43
2.1.3. Plans de schistosité (schistosité de fracture)	44
2.1.4. Les joints stratigraphiques.....	44
2.1.5. Les fractures d'extension.....	44
2.1.6. Diaclases.....	44
2.1.7. Les fentes de tension.....	44
2.1.8. Stylolites.....	44
2.1.9. Les failles.....	44
2.1.2. Changement de faciès.....	45
2.1.3. Plans de schistosité (schistosité de fracture)	45
2.1.4. Les joints stratigraphiques.....	45
2.1.5. Les fractures d'extension.....	45
2.1.6. Diaclases.....	45
2.1.7. Les fentes de tension.....	45
2.1.8. Stylolites.....	45
2.1.9. Les failles.....	45
2.1.10. Fractures générées par un tir de mine.....	45
2.2. Caractéristiques de discontinuités.....	45
2.2.1. Orientation.....	45
2.2.2. Espacement.....	45
2.2.3. Extension.....	45
2.2.4. Ouverture.....	45
2.2.5. Remplissage.....	46
III. METHODES DE PRESENTATION DE LA FRACTURATION.....	46
1. Etude statistique de la fracturation.....	46
2. Caractérisation des discontinuités.....	49
2.1. L'espacement (X)	49
2.2. La fréquence de la fracturation.....	50
2.3. Extension.....	50
2.4. Densité de fracturation.....	51
IV. DISCUSSION	52
1. Analyse de la fracturation.....	52
2. Caractérisation de la fracturation.....	52
CONCLUSION GENERALE	
Liste des figures.....	54
Liste des tableaux.....	55
Références bibliographiques.....	57

Premier chapitre

Généralités

I. INTRODUCTION

En méditerranée occidentale, la chaîne alpine forme le trait géologique majeur car elle est présente sur l'ensemble du pourtour méditerranéen (**fig. 1**). C'est ainsi que sur la marge européenne, elle est constituée par les unités suivantes : la chaîne des Bétiques en Espagne, la chaîne des Alpes en France et en Italie, la chaîne des Apennins en Italie et en Yougoslavie. Sur la marge africaine, la chaîne alpine est représentée par la chaîne des Maghrébides, où le Rif au Maroc et le Tell en Algérie et en Tunisie.

Le terrain qui fait l'objet de cette étude appartient à la chaîne tellienne qui constitue la zone externe du segment maghrébin de la chaîne alpine périméditerranéenne. Cet édifice est représenté par des reliefs jeunes, modelés au cours du Tertiaire par les mouvements alpins. Il a connu des phases de déformations méso-cénozoïques aboutissant à la mise en place de nappes allochtones charriées sur un autochtone ou un para-autochtone présaharien.

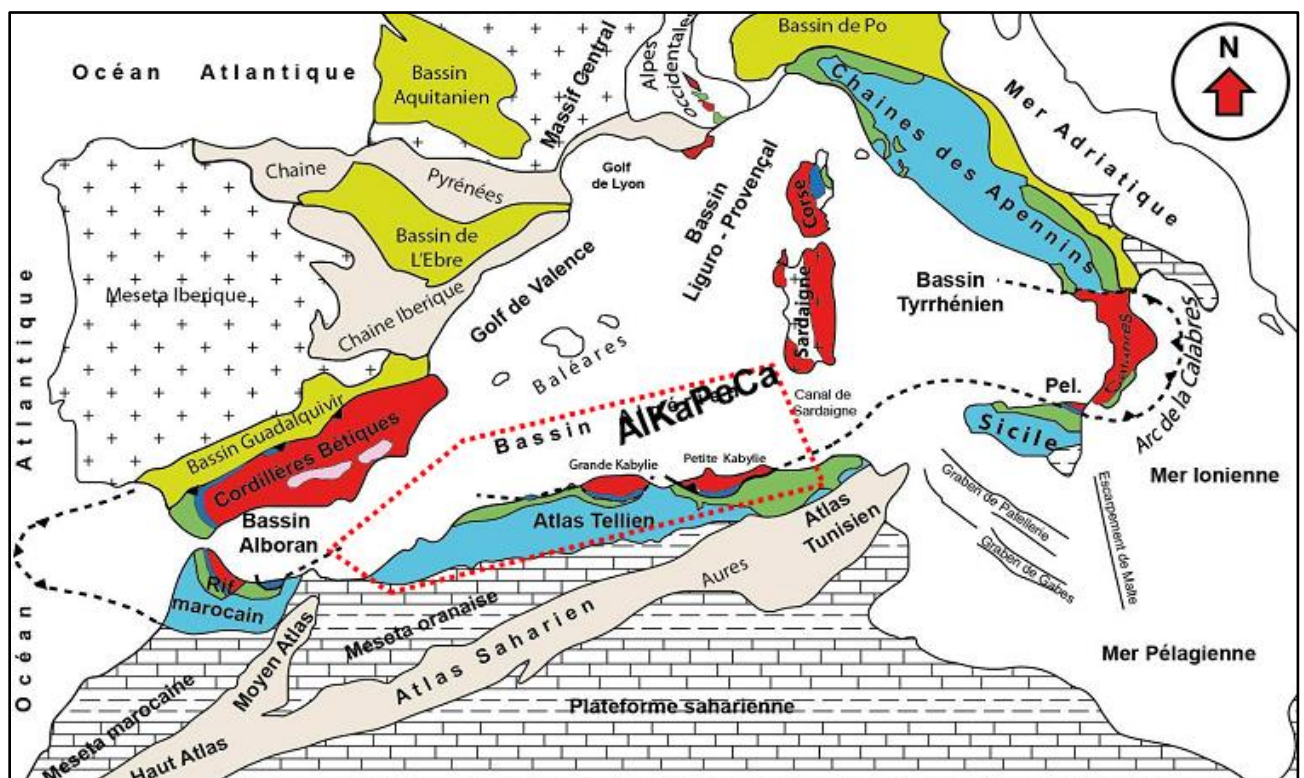


Figure 1 : Principales unités géologiques de la méditerranée (d'après Bouillin, 1986).

II. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

1. Cadre général

Le premier schéma structural de l'Algérie du Nord (alpine) a été proposé par Kieken (1962), Raoult (1974), Bouillin (1977) et Vila (1980) où La chaîne des Maghrébides constitue un édifice qui s'étend sur 2000 km de la Sicile à l'Est jusqu'au Gibraltar à l'Ouest (Wildi., 1983, Durand-Delga., 1969). Cette chaîne montre du nord au sud les domaines suivants :

1.1. Un domaine interne

Appelé aussi socle kabyle ou Kabylyde (en Algérie) ou Rifaine (Au Maroc), composé de socle cristallophyllien métamorphique et d'une couverture sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique. Ce domaine affleure d'Ouest en Est dans les massifs du Chenoua, d'Alger, de Grande Kabylie et de Petite Kabylie.

Le socle est par endroits recouvert en discordance par une série sédimentaire détritique principalement des molasses composées de conglomérats d'âge Oligocène supérieur à mi-Burdigalien (Géry et al., 1981., *in* Domizg 2007) nommée Oligo-Miocène kabyle.

Actuellement, on considère que tous les terrains formant les Kabylydes font partie d'un ensemble nommé « AlKaPeCa » pour Alboran, Kabylyes, Peloritain, Calabre. Ces zones internes, dispersées autour de la Méditerranée Occidentale, faisaient autrefois probablement partie de la marge européenne (**fig. 2**) comme l'attestent, entre autres, leurs analogies du point de vue lithologique (Bouillon *et al.*, 1977).

1.2. Un domaine des Flyschs

Il correspond à une sédimentation de type flysch d'âge Crétacé-Paléogène qui affleure dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie). Trois types de flysch sont distingués du Nord au Sud (Bouillin *et al.*, 1977) :

1.2.1. Les flyschs Mauritaniens

Situant dans la partie septentrionale du sillon des flyschs, il débute par des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine par des niveaux conglomératiques du Paléocène (Chabbi., 2017).

1.2.2. Les flyschs Massyliens

Il a été défini par J.F. Raoult (1969) au Kef Sidi Driss, dans le nord constantinois (Nacer., 2005). Il s'est déposé dans la partie méridionale du sillon des flysch. Il comporte une série péli-to-quartzitique d'âge Crétacé inférieur surmontée par une série péli-to-micro-bréchi-que d'âge Crétacé supérieur (Chabbi., 2017).

1.2.3. Les flyschs Numidiens

Le flysch numidien doit sa nomenclature à Ficheur (1890). Il correspond à l'unité supérieure. Il est caractérisé par un flysch gréseux Oligo-Aquitainien, qui atteint le Burdigalien (Chabbi., 2017). Ces flyschs reposent anormalement à la fois sur les zones internes et sur les zones externes.

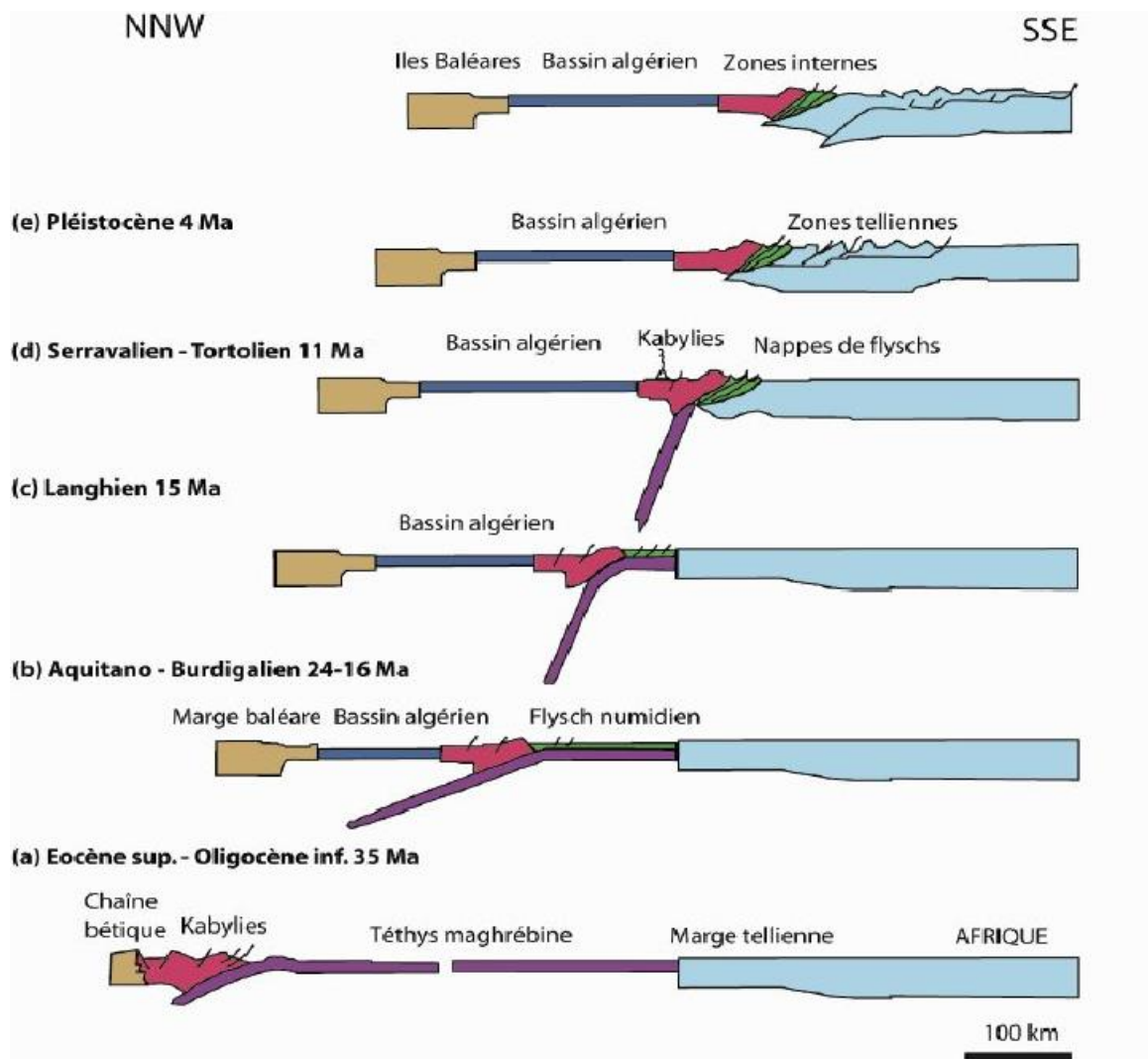


Figure 2 : Scénario expliquant L'évolution de AlKaPeCa (Frizon de Lamotte *et al.*, 2006).

1.3. Un domaine externe

Nommée aussi domaine Tellien (**fig. 3**), il est situé au Sud du domaine des flyschs et correspond aux paléomarges de l'océan Téthys. Il est constitué par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes d'âge Crétacé moyen à Néogène et qui ont été charriées sur une centaine de km vers le Sud et qui sont en plusieurs endroits décollées de leur substratum jurassique (Benabdellah., 2011).

Le Trias joue un rôle important, en tant que niveau de décollement et constitue les semelles des nappes telliennes. On distingue du Nord au Sud, les nappes ultra-telliennes, les nappes telliennes (sensu stricto) et les nappes péni-telliennes.

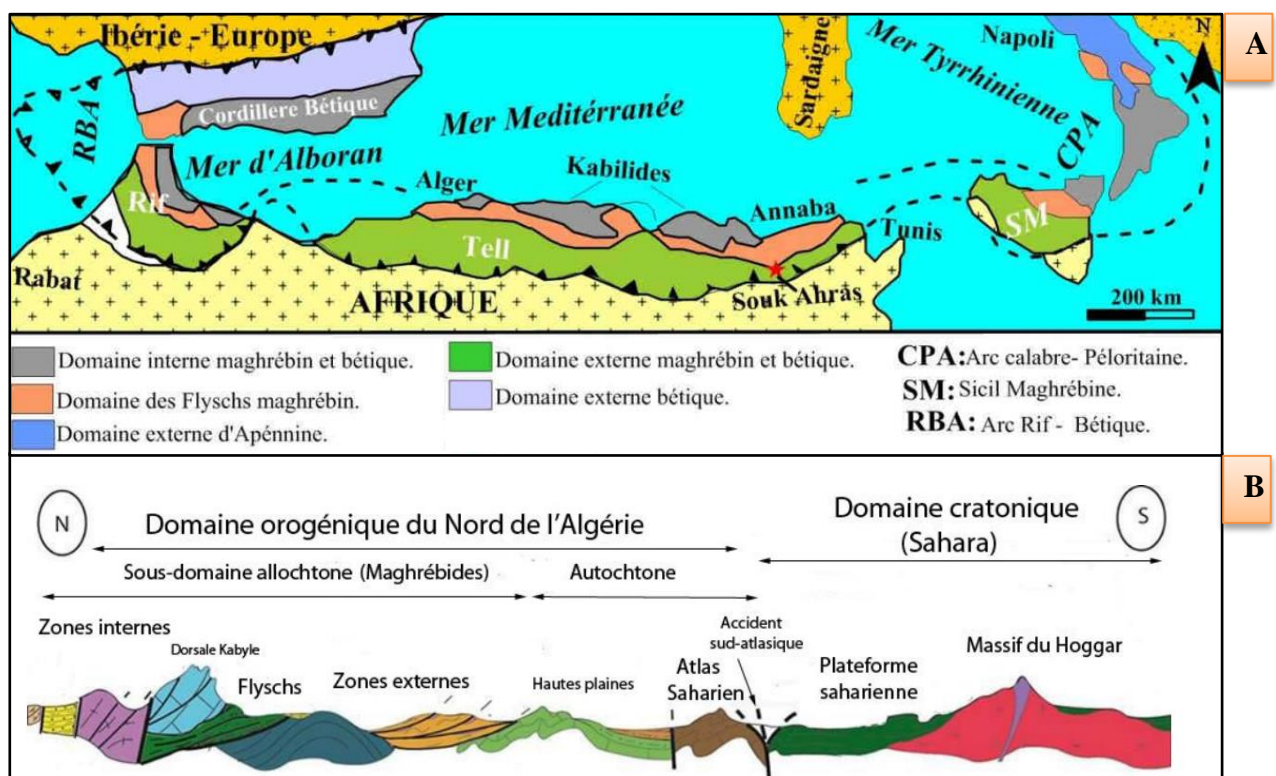


Figure 3 : A- Carte des principaux domaines paléogéographiques de la chaîne des Maghrébides (d'après Belayouni *et al.*2013).

B- Coupe Nord-Sud montrant les principales unités structurales de l'Algérie (Chabou., document inédit)

2. Région d'étude

Notre région d'étude se trouve dans la wilaya d'Ain Temouchent, située dans la partie Nord- Occidentale du territoire national. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par la wilaya de Sidi Belabes, à l'Ouest par la wilaya de Tlemcen et à l'Est par la wilaya d'Oran.

Le site objet de notre étude se localise au lieu-dit Djebel Dhar El Mendjel, à 4 km à l'Ouest de la ville d'El Malah (**Fig. 4**), à proximité du chemin de Wilaya N° 26 et à 18 km au Nord de la ville d'Ain Temouchent.

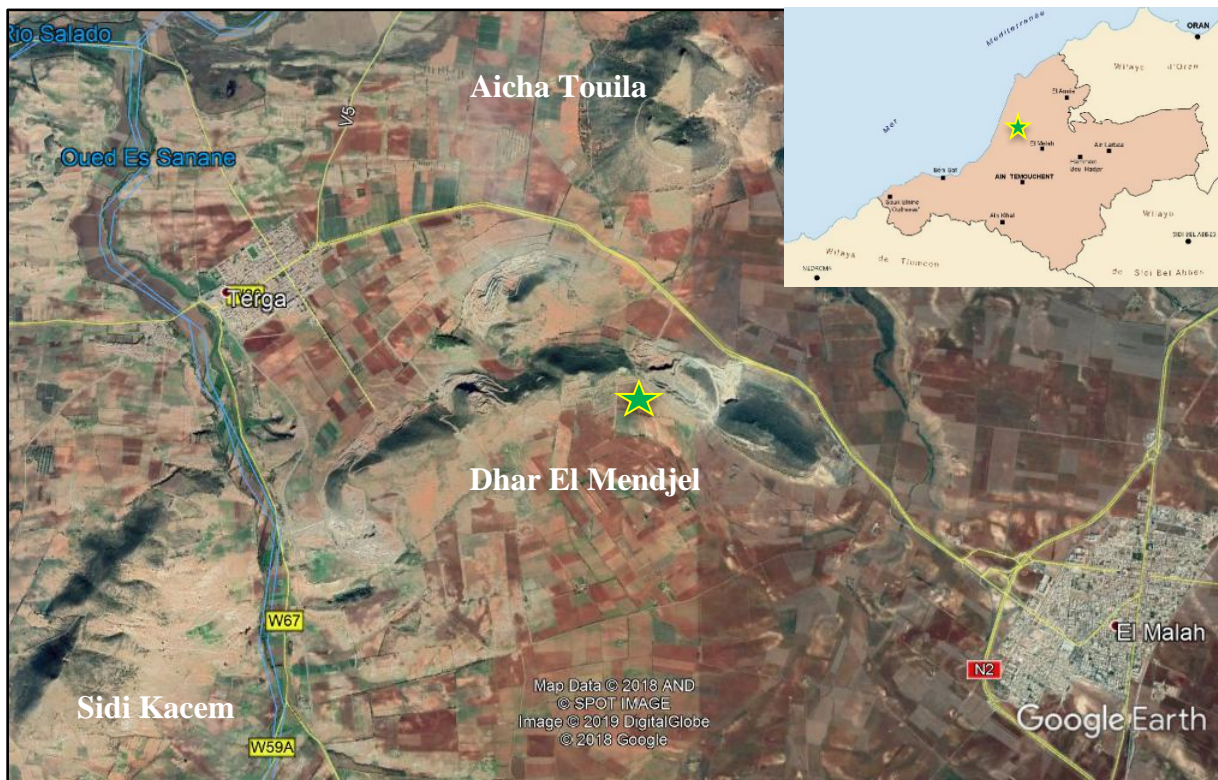


Figure 4 : Situation géographique du Djebel Dhar El Mendjel★
et autres massifs limitrophes

Le site de Dhar El Mendjel se trouve entre le Djebel de Sidi Kacem au SO et le Djebel de Aicha Touila au NNE (**Fig. 5**). Ce Djebel culminant à 296 mètres tire son nom de sa forme qui ressemble à une serpette.

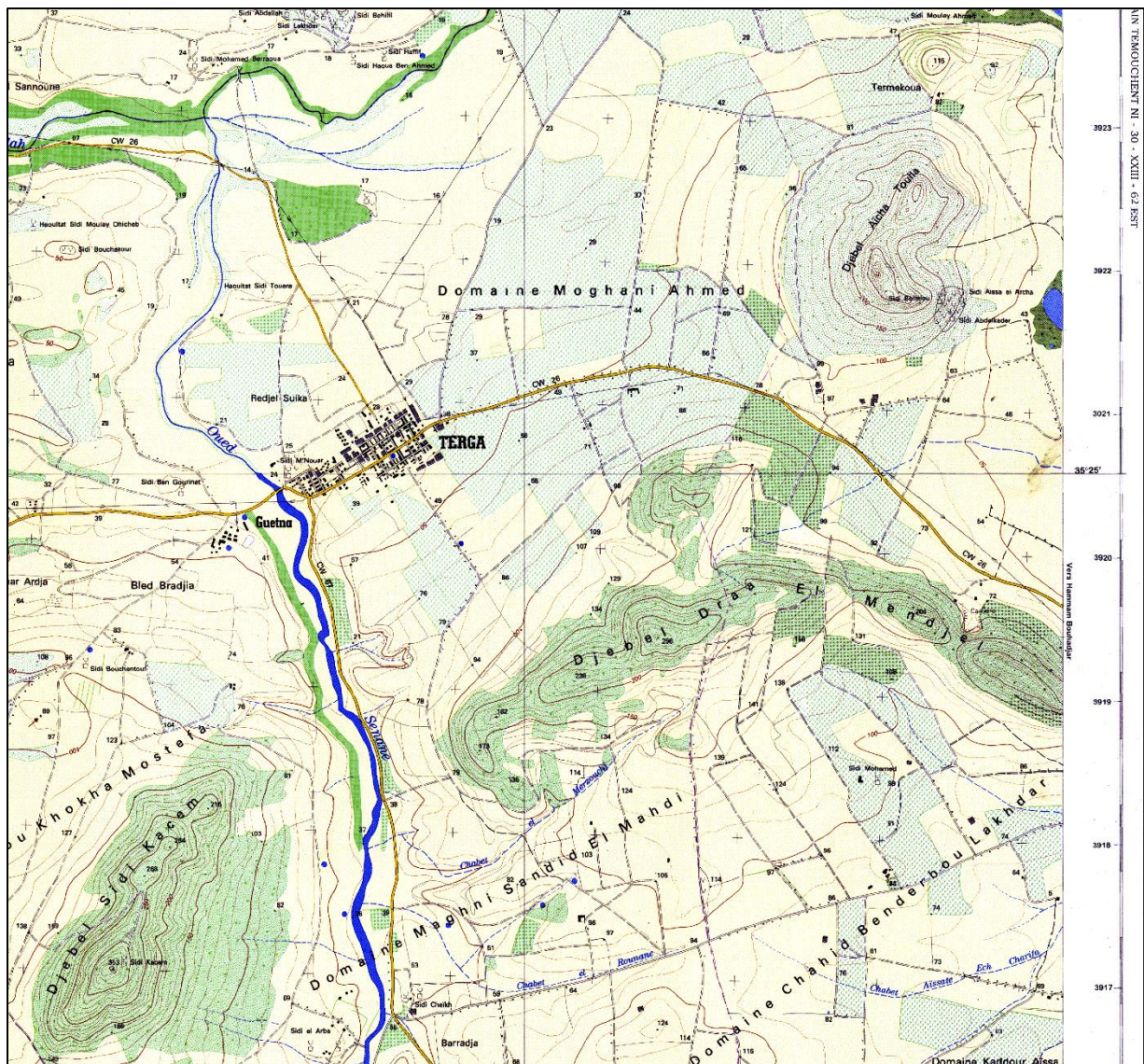


Figure 5 : Le Djebel Dhar El Mendjel et autres massifs avoisinants

(Extrait de la carte topographique d'Ain Temouchent 62 Ouest au 1/25000)

III. GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

Le massif de Dhar El Mendjel et les autres reliefs avoisinants se situent dans la partie nord-occidentale de l'Algérie (partie intégrante du domaine tellien). Les terrains étudiés appartiennent à l'allochtone à affinités rifaines (Guardia, 1975). Nous développerons en détail la géologie de notre région d'étude dans le deuxième chapitre.

IV. HISTORIQUE DES TRAVAUX

Depuis 1830, de nombreux travaux ont été réalisés dans la région du Tell occidental. En se basant sur l'évolution des axes de recherches dans la région, nous pouvons ainsi subdiviser l'historique des travaux en quatre périodes :

1. Première période (1830 - 1903)

Cette période témoigne le début des premiers travaux basés sur la stratigraphie. Nous citons :

- M. ROZET (1831) : il publia une notice géognostique sur les environs d'Oran, et il mit en place les grandes lignes de la stratigraphie du Néogène de la région en corrélation avec les étages européens.
- L. VILLE (1852 - 1857) : le premier qui travailla sur Trias et le diapirisme en Algérie. Comme il inventa un document assez complet sur les gites minéraux.
- M. BLEICHER (1875) : s'intéressa à la stratigraphie du pliocène et du quaternaire de la région.
- A. POMEL (1897) : effectua une première subdivision du Miocène (Cartenien, Helvetien, Sahelien), il publia aussi ses célèbres monographies sur les vertébrés (des équidés) en 1857, en 1889, et il établit définitivement le Sahelien dans la région d'Oran.
- L. GENTIL (1903) : Il décrivit deux formations miocènes qui contiennent la première distinction des deux cycles miocènes post-nappes dans l'ensemble du Tell oranais, et montra l'existence des mouvements tectoniques post-carténiens.

2. Deuxième période (1908 - 1925)

C'est la période des premiers travaux de la cartographie dont les premières cartes géologiques détaillées ont été levées dans cette période grâce surtout à Doumergue (1908) et suivi par Dalloni (1915).

- F. DOUMERGUE et E. FICHEUR (1908) : consignateurs des feuilles d'Oran et d'Arzew, réalisèrent ainsi une œuvre autant plus fructueuse que ces travaux cartographiques leurs ont fournie l'occasion de plusieurs découvertes paléontologiques

importantes, en leur permettant de dater des formations jurassiques considérées comme azoïques. C'est ainsi ils corrigèrent l'âge des schistes d'Oran prétendu "siluriens", en les rattachant au Barrémien, de l'Oxfordien et du Callovien.

- F. DOUMERGUE (1908-1931) : leva tous les contours des feuilles : Oran (1908), Saint-Cloud (1909), Arzew (1913), Rio-Salado--Lourmel (1922), les Andalouses (1924), et Arbal (1931).
- R. DALLONI (1915) au biais de cartographie, il décrit des formations néotectoniques à l'échelle régionale et fit une immense étude sur le Mio-Pliocène.

3. Troisième période (1925 - 1964)

- C. ARAMBOURG (1927) : étudia les poissons fossiles du Sahélien d'Oran.
- R. ANDERSON (1936) : décrit la composition des divers faciès miocènes en les insérant dans un cadre lithostratigraphique de groupes, de formations et de membres ou "étages".
- J. FLANDRIN (1948) : s'intéressa au nummulitique algérien où il apporta toutefois d'indispensable précision à la stratigraphie du nummulitique des Tessala.
- Y. GOURINARD (1949-1958) : il révisa les cartes géologiques du littoral oranais avec, pour objectif, leur parution pour les congrès géologiques internationaux d'Alger de 1952. En parallèle il se livra au réexamen des massifs littoraux, qui fait l'objet de sa thèse parue en 1955.
- PERRODON (1957) : fit une remarquable synthèse sur les bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie Occidentale.
- G. SADRAN (1958) : étudia le volcanisme du littoral oranais en établissant une chronologie entre les diverses manifestations éruptives au voisinage du volcan de Tifaraouine.

4. Quatrième période (1964 jusqu'à nos jours)

C'est la période de parution des célèbres travaux de recherches sur le Tell oranais, le cas de P. Guardia (1975). (Nord oranais occidental), J. Delteil (1974), (Nord oranais oriental) et B. Fenet (1975), (massifs littoraux et Tessala) sous la direction du professeur J. Polvêche.

- J. DELFAUD *et al.*, (1973) : Réalisa un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne par une étude intitulée : Evolution de la région Oranaise (Algérie occidentale) au Miocène supérieur ; conséquences stratigraphiques.
- J. DELTEIL (1974), B. FENET (1975), P. GUARDIA (1975) : s'attachèrent A retracer le développement géodynamique de l'Algérie Nord Occidentale.
- P. GUARDIA (1975) : réalisa une étude géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranais nord-occidental. Il a aussi établi des relations structurales et paléontologiques entre le Rif, le Tell et l'avant-pays atlasique.
- B. FENET (1975) : établit des recherches sur l'application de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse nord maghrébin, les massifs du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais.
- M. ROUCHY (1976, 1980, 1982) : le premier qui mit en évidence la présence d'un véritable récif corallien frangeant au Djebel Murdjadjo et qui confirma l'âge messénien de la série.
- G. THOMAS (1985) : reprit l'étude du bassin du Chélif du Serravallien au Quaternaire c'est ainsi il signala que ce bassin s'est développé sur une croûte continentale dotée d'une extrême mobilité. Celle-ci est liée à un cisaillement de collision qui amène une tectonique polyphasée en transtension puis en transpression.
- J. P. SAINT-MARTIN (1988) : étudia les formations récifales coralliennes du miocène supérieures d'Algérie et du Maroc, ceci lui permet de tirer une conclusion paléoécologique et paléogéographique de la région étudiée.

- M. BESSEDIK et L. BELKEBIR (1989-1991) : firent des recherches qui ont pour but le rétablissement de la biostratigraphie du miocène de l'Oranais, basées sur la microfaune, plus particulièrement les formes planctoniques.
- Cizak (1993) réalisa une thèse sur l'évolution de la géodynamique de la chaîne tellienne en Oranie pendant le Paléozoïque et le Cénozoïque d'où il mit en évidence les principaux accidents hercyniens et leurs réactivations ultérieures
- Louni-Hacini (2002) effectua une thèse sur la transition du magmatisme calco-alcalin en Oranie où elle montra que le changement de la nature du volcanisme oranais reflète une évolution géodynamique qui touche le pourtour de la méditerranée occidentale au Mio- Plio-Quaternaire.
- l'Office National de la Recherche Géologique et Minière (ORGM), élaborera des programmes de prospection de minéralisations polymétalliques associées au volcanisme nord occidental concrétisé par des campagnes de recherche depuis 1985, et continue toujours à prospecter la région.

VI. BUT ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL

1. Objectifs de travail

Le présent travail comporte deux objectifs principaux, le premier est une contribution à l'étude géologique de la région d'étude d'où nous essaierons de synthétiser les travaux antérieurs tout en cherchant à renforcer le cadre géologique du site étudié. Le deuxième est purement minier dont le but le suivi des travaux d'extraction de la roche menaient par l'Entreprise Nationale de Granulat (ENG-unité d'El Maleh). Dans cette partie, nous espérons d'apporter quelques appuis sur les bonnes méthodes d'extraction sur la base d'un minutieux travail sur les caractéristiques géométrique du massif rocheux exploité surtout en étudiant la fracturation présente dans ceci.

2. Méthodologie de travail

Après une étude bibliographique, notre première démarche était d'organiser des sorties de terrain à notre région d'étude où nous avons réalisé plusieurs tâches (photographies, suivi des travaux d'extraction, l'abattage, calcul du temps de chargement et de transport, étude du massif rocheux, mesures des directions de la fracturation. Au bureau, nous avons exploité toutes les données récoltées afin d'aboutir à ce modeste travail.

Deuxième chapitre

Géologie

I. INTRODUCTION

Située à 18 km au Nord de la ville d'Ain Temouchent et à 4 km à l'Ouest de la ville d'El Maleh, le Djebel de Dhar El Mendjel constitue avec Djebel Touita (Aicha Touila) et Sidi Kacem un chaînon orienté NNE-SSO, cerné par le plateau d'Ain Temouchent.

Ces îlots appartiennent à la zone externe du segment méridional de la chaîne alpine appelée Maghrébides. Ils font partie de l'unité allochtone d'El Maleh d'affinités rifaines du domaine Tello-rifain (Guardia, 1975), appelée aussi unité métamorphique. Cette unité est charriée sur l'autochtone tellien anté-miocène d'Ain Temouchent qui affleure plus au Sud, à Djebel Tounit et à l'Est, au Douar Chentouf (**fig. 6**).

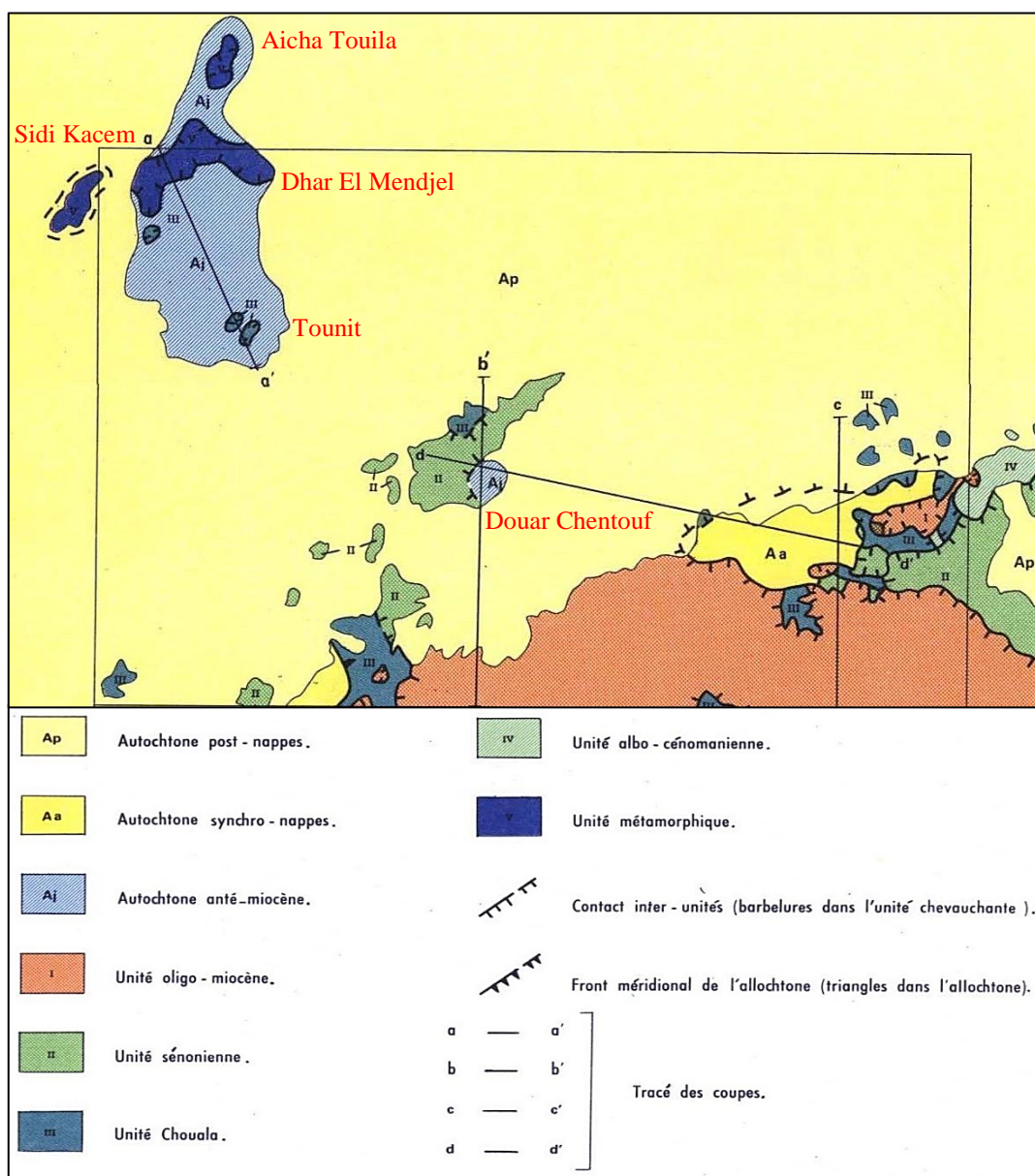


Figure 6 : Esquisse structurale de la région d'Ain Temouchent (INC d'Alger, 1987)

II. CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

1. sur le plan géologique régional

La région d'Ain Temouchent est comprise dans le domaine externe de la chaîne alpine dans laquelle on peut distinguer :

- Une zone atlasique.
- Une zone tellienne.

1.1. La zone atlasique

La zone atlasique constituée de terrains autochtones, comprend la chaîne de Filaoucène et le massif des Traras qui sont dans le prolongement du Moyen Atlas, lui-même se raccorde obliquement vers le Sud au Haut Atlas.

Cette zone montre un substratum paléozoïque recouvert par une série Mésozoïque plus ou moins bien développée. L'analyse stratigraphique détaillée de cette couverture a fait ressortir l'existence de cinq groupes sédimentaires.

- Le groupe « Permo -triasique » constitué par une série détritico-pourprée, renfermant des intercalations calcaires et des roches volcaniques.
- Le groupe carbonaté inférieur (Lias Dogger).
- Le groupe Pelitique médian (Callovien-Oxfordien inférieur).
- Le groupe grés-carbonaté supérieur (Oxfordien supérieur-Aptien).
- Le groupe Marne-la-vallée du Cétacé supérieur (Cénomaniens Sémonien inférieur).

Ces terrains sont le siège d'une tectonique cassante et plissée. La direction des plis, souvent déversés vers le Nord-Ouest, est à peu près constante, en moyenne à N 60°. Les structures cassantes sont regroupées en famille. Des failles de direction N 40°, dites atlasiques, ce sont les plus fréquentes, elles sont subverticales ou constituent des failles plis à vergence Nord-Ouest. Un réseau de failles transversales de direction N 20° et plus rarement des failles de direction N 120°.

1.2. La zone Tellienne

La zone tellienne, depuis la région de Tifraouine jusqu'à la frontière marocaine, regroupe quatre ensembles et qui sont comme suit :

1.2.1. L'autochtone et le para autochtone

L'autochtone apparait près d'Ain Temouchent, à Hammam Bouhadjar et au Douar Chentouf, plus au Nord, le soubassement des massifs à schistosité oranais, peut être considéré comme autochtone ou para autochtone, on peut de plus, rattacher au para autochtone les lambeaux de poussée jurassique de la région des M'Sirda (Djebel Zendel) et des Souahlia.

1.2.2. L'allochtone métamorphique

Les unités qui le composent apparaissent depuis la frontière algéro-marocaine jusqu'aux massifs de l'Est d'Oran. Ce sont les unités

- de Skhouna (Jurassique-Crétacé inférieur)
- d'El Mokrane (Crétacé inférieur-Eocène).
- d'Andalouses et Cap Falcon (Primaire).
- d'El Maleh (Trias-Jurassique-Crétacé inférieur).

1.2.3. L'allochtone non métamorphique

Trois unités ont été distinguées :

- L'unité des Chouala : apparaît à Ain Alen et Aghlal, elle est composée de marne du crétacé inférieur à moyen et de l'Oligocène parfois associé à des blocs de calcaires jurassiques.
- L'unité Cénomaniennne : apparaît surtout à Sebaâ Chioukh, elle est formée des terrains d'âge Crétacé supérieur à Eocène moyen-supérieur.
- L'unité Oligo-Miocène : est développée dans la partie orientale de Sebaâ Chioukh au Sud d'Ain Alem.

1.2.4. Lambeaux du Numidien (unité du Flysch Nord maghrébin)

Ils sont constitués par des grès massifs à dragées de quartz, affleurant dans la basse vallée de la Tafna et dans la région d'El Mokrane.

Ces unités allochtones vont se mettre en place dans une avant-fosse miocène qui est nommée "Bassin synchro-nappes" constitué d'une importante épaisseur de marnes vertes entrecoupées par des bancs grésos-conglomératiques dans certains endroits. Le miocène synchro-nappe constitue une formation importante surtout au Sud de Ain Temouchent (Sebaâ Chioukh) et dans la vallée de Tafna.

2. Sur le plan lithostratigraphique (fig. 7)

2.1. Les terrains sédimentaires

2.1.1. Le Trias

Il apparaît en affleurement surtout vers l'extrémité Sud-Ouest et au Sud du massif de Dhar El Mendjel. Il est matérialisé par des argiles bigarrées rougeâtres et des roches vertes. Ces affleurements sont recouverts par des alluvions formés de poudings tertiaires qui couvrent la quasi-totalité de la plaine d'Ain Temouchent.

2.1.2. Les calcaires liasiques

Ils sont représentés par deux affleurements localisés au niveau de Djebel Tounit et Djebel Dhar El Mendjel, sujet de notre étude.

Ce sont des calcaires en bancs massifs de couleur grisâtre à bleuâtre présentant des fissures remplies par la calcite. Ces calcaires changent de faciès verticalement à des dolomies très compactes et marmorisées.

2.1.3. Les schistes callovo-oxfordien

Les schistes sont de couleur verdâtre alternés par des filonnets de calcite parfois ferrugineuse et de lentilles de quartzites. Ces schistes caractérisent la base des massifs de Djebel Tounit et de Dhar El Mendjel.

2.1.4. Les formations néocomiennes

Cette formation est constituée par des schistes argileux avec des intercalations de lentilles de quartzites.

2.1.5. Les terrains quaternaires

Représentés par un limon de colmatage qui se dépose dans les courbes à fond plat soit sur les marnes de l'Eocène inférieur, soit dans les bas-fonds qui sépare les mamelons oligocènes ou pliocènes.

2.2. Les terrains volcaniques

Des basaltes apparaissent en lambeaux épars au voisinage de l'ophite au Sud d'El Maleh et juste au Nord du village de Chaabat El Leham. Il s'agit de coulées basaltiques ou de produits pyroclastiques qui forment la majorité de ces terrains.

3. Sur le plan Structural

Trois grands domaines peuvent se distinguer et qui se sont différenciés au cours des phases orogéniques du Mésozoïque et du Cénozoïque :

- Le domaine saharien.
- Le domaine atlasique.
- Le domaine tello-rifain.

Dans le domaine tello-rifain, trois grandes zones sont bien individualisées et qui sont comme suit :

- ✓ La zone externe tello-riffaine.
- ✓ La zone Kabylo-riffaine.
- ✓ La zone des flyschs.

La zone tello-riffaine est matérialisée par un certain nombre de massifs autochtones et par un ensemble d'unités allochtones, regroupés en quatre ensembles :

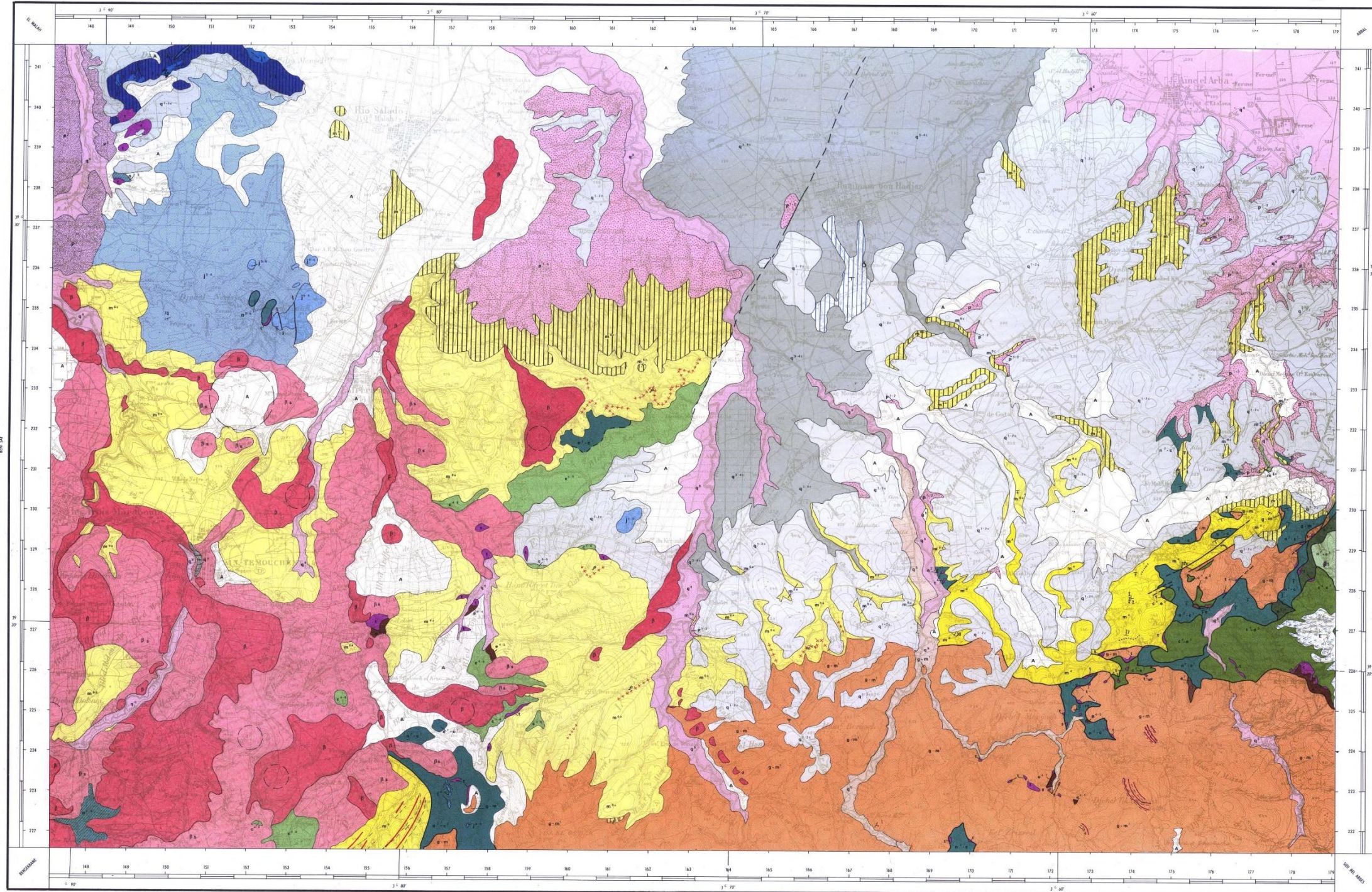
- L'autochtone et le paraautochtone.
- L'allochtone à affinité riffaine.
- L'allochtone à affinité tellienne.
- L'unité Numédienne.

خريطة الجزائر الجيولوجية
CARTE GEOLOGIQUE DE L'ALGERIE
عين تموشنت
AIN TEMOUCHENT

Les explorations et les tracés géologiques ont été effectués de 1964 à 1971 par Pierre GUARDIA, Maître de Conférences de géologie au Centre de Recherches de Géologie Méditerranéenne de l'Université de Nice, pour la moitié occidentale de la feuille et par Bertrand FENET chargé de Recherches au C.N.R.S. pour la moitié orientale.
Documents consultés: Travaux publiés ou inédits de G. DOUMERGUE et du Service de l'Hydraulique.

FEUILLE N° 209 B 11
C 5

- Travertins.
- Dépôts récents indifférenciés.
- Eboulis et glissements.
- Basse terrasse des oueds.
- Terrasse moyenne des oueds.
- Basses terrasses indifférenciées.
- Glaçis récent encroûté.
- Glaçis ancien encroûté.
- Quaternaire lacustre - Calcaires.
- Pliocène supérieur, Grès durissimes.
- Pliocène continental.
- Messinien.
m¹ Calcaires marins à Algues ou Lumaquilles.
m² Formation détritiques continentales à sabbins.
p¹ Conglomérats rhyolitiques et leurs niveaux de remaniement.
p² Tuf à débris de rhyolites fluides.
- Miocène moyen, sables-argiles, Marnes et grès.
a. Base de terre gréseuse.
p. Poudingues polygéniques.
- Kimmeridgien - Triasique - Calcaires gravellés.
- Callovien - Oxfordien - Pâles et grès fins.
- UNITÉ OLIGO-MIOCÈNE
Oligo-miocène, Marnes et calcaires gréseux.
a. Base de terre calcaire - détritique.
- UNITÉ SENONIENNE
Lutétien supérieur, Marnes détritiques.
- Vénétien, Calcaires massifs blancs à sables.
- Sénonien supérieur, Paléocène, Marnes.
Sénonien supérieur, Marnes.

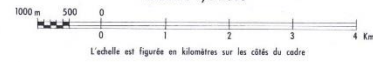


- UNITÉ CHOUALA
Néocomien à Cenomanien, Marnes vertes et calcaires massifs clairs.
Néocomien à Albien supérieur, Marnes.
Néocomien, Marnes.
- Jurassique supérieur, Calcaires.
- UNITÉ ALBO-CENOMANIENNE
Vraconien - Coniacien, Marnes et marnes-calcaires.
Aptien-Albien, Pâles et grès.
- UNITÉ METAMORPHIQUE
Jurassique supérieur, Schistes.
Lias - Jurassique moyen, Carbonates.
a. brèches dolomitiques.
b. Calcaires métamorphiques.
- TRIAS
Argiles, gypses, dolomies noires, "spithes" et blocs allongés.
- ROCHES ERUPTIVES
Basaltes ou basaltes, Produits pyroclastiques dominants.
Basaltes ou basaltes, Couffes dominants.
- SIGNES CONVENTIONNELS
--- Limite stratigraphique et contact antéclastique interne des unités alloctones.
--- Contact technique entre unités différentes.
--- Faille.
--- 30 Pendage et valeur en degrés.
--- Pendage vertical.
--- Couches microplissées.
T Gîte fossilifère.
O Source d'eau.
O Centre d'émission volcanique.

Fond Topographique mis à jour en 1961

Reproduction interdite

Echelle: 1/50.000



L'échelle est figurée en kilomètres sur les côtés du cadre

SDI AU ROUSSOU

Realisée et imprimée par L'INSTITUT NATIONAL DE CARTOGRAPHIE ALGER

Feuille publiée en 1987 par l'OFFICE NATIONAL DE LA GÉOLOGIE

Figure 7 : Carte géologique d'Ain Temouchent au 1/50.00 (INC d'Alger, 1987)

3.1. Allochtone à affinité rifaine

3.1.1. Unité des massifs d'El Maleh

A quelques kilomètres à l'Ouest de la ville d'El Maleh, affleurent les massifs culminants de Sidi Kacem, Dhar El Mendjel et d'Aïcha Touila. Ces massifs appartiennent à une unité charriée sur l'autochtone de la région d'Ain Temouchent. Cette unité repose en discordance angulaire sur le Trias marqué par des roches vertes, argile en lie-de-vin.

Ces trois massifs se différencient pratiquement dans l'intensité des déformations et du métamorphisme.

3.1.1.1. Groupe carbonaté

Le Djebel de Sidi Kacem est matérialisé par des calcaires massifs finement rubanés, recristallisés et très plissés, il contient localement du silex. Par contre, le Djebel Dhar El Mendjel est formé dans sa quasi-totalité de calcaire dolomitique, de calcaires noirs à silex, des calcaires clairs et des calcaires schisteux.

3.1.1.2. Les schistes

Les schistes correspondent à d'anciennes argiles litées à niveau quartzeux très fines. Ils sont beaucoup métamorphiques au niveau du Djebel de Sidi Kacem et moins recristallisés au niveau du Djebel de Dhar El Mendjel.

Le groupe carbonaté est attribué à la base du Jurassique. Le groupe schisteux est attribué au Jurassique moyen-supérieur.

3.1.1.3. Complexe triasique

Les complexes triasiques sont en contact anormal avec les terrains antérieurs au Miocène post-nappes. Ils correspondent à un ensemble de terrains chaotiques de terrains sédimentaires ou éruptifs, le plus souvent associés à certaines unités allochtones. Ce sont des argiles bariolés en lie-de-vin associant à des roches vertes.

4. Tectonique tello-rifaine

Trois périodes tectogénitiques du domaine tello-rifain peuvent être distinguées au cours des ères mésozoïque et cénozoïque et qui sont comme suit :

4.1. La période pré-tectonique

Cette période est marquée par une sédimentation caractérisant la période anté nappes.

4.2. La période tectonique

Les matériaux constituant les unités tello-rifaine sont affectés par des structures et qui s'achève par la mise en place des nappes au miocène « c'est la période synchro nappes marquée par des événements tectoniques (tectogénèse profonde et tectogénèse superficielle) ».

4.3. La période tardi-tectonique

C'est la période qui marque le cycle post-nappes. La tectogénèse profonde dans les nappes à affinité rifaine ; les unités à affinité rifaines se distinguent des autres unités allochtones par l'existence d'une ou plusieurs phases de compression ayant engendré une tectogénèse anté-nappes plus ou moins intense. Ces phases de déformation seront analysées avec le métamorphisme qui souvent les accompagne pour chacune des unités qu'elle affecte.

5. Les phases de plissement

5.1. Première phase de plissement

Elle correspond à un plissement isoclinal accompagné par une schistosité de flux. Elle est bien marquée au niveau du Djebel Sidi Kacem. Les calcaires sont déformés par écoulement. Les pélites et grès d'âge jurassique sont déformés par aplatissement et transposition tectonique. Au niveau du Djebel Dhar El Mendjel la tectonique de compression est moins intense.

5.2. La deuxième phase de plissement

Elle déforme la schistosité due à la première phase en pli, les structures plus petites sont rares. Les plis sont aigus au niveau du Djebel Sidi Kacem d'une direction N-S. Il s'ensuit une dispersion des linéations obliques sur cette direction.

6. Géologie du Secteur d'étude

D'après les observations de terrain et les données de sondages (Bensaad et Menacer, 2007) les formations qui constituent le massif de Dhar el Mendjel sont composées essentiellement des marnes schisteuses verdâtres, dolomies et dolomies calcaires ainsi que des brèches à éléments calcaires et dolomitiques baignant dans une matrice carbonatée tufogène.

La plupart des auteurs attribuent au Lias les formations calcaro-dolomitiques et au Jurassique supérieur les marnes schisteuses.

6.1. Les marnes schisteuses

Affleurent surtout au Sud du massif de Dhar El Mendjel ou ils représentent une bande assez large de cent à deux cent mètres de large. Leur puissance dépasse la centaine de mètres.

point de vue lithologie il s'agit d'une roche d'aspect verdâtre à verte brunâtre parcourue par des petits félons de calcite avec parfois des rognons de calcaires marneux.

6.2. Les calcaires et les dolomies

Les dolomies sont de couleur bleue foncée tandis que les calcaires ont une teinte bleuâtre clair à grisâtre.

Cette formation repose en discordance sur les marnes schisteuses, tout simplement c'est un contact entre l'autochtone schisteux et l'allochtone carbonaté dont les lambeaux constituent le massif de Dhar El Mendjel et le massif de Djebel Touila.

Les observations montrent que les dolomies sans pour autant rencontrer des calcaires, ce qui nous laisse supposer que les deux collines composant le massif étudié forment deux blocs tectoniques bien distincts séparés par une faille de direction NE et composés essentiellement de dolomies avec une mince couche calcaire se terminant en biseau vers le SE.

6.3. Les formations bréchiques

Sur le flanc nord du massif une grande fosse d'effondrement d'axe orienté Nord-Ouest-Sud Est a fait l'objet de remplissage par les éléments calcaires et dolomitiques cimentés par un matériau tufogène carbonaté.

7. Infrastructures énergétique et routière

La présence d'une ligne électrique de moyenne tension supérieure à 30 KV passe juste à proximité du gisement qui assure le raccordement électrique pour les besoins de la carrière. Une route stratégique qui mène à Terga est également favorable à la commercialisation du matériau.

De plus, la région du site est desservie par la route nationale 02 reliant Oran et Ain Temouchent et la route nationale n° 35 reliant Ain Temouchent à la frontière Algéro-Marocaine.

8. La topographie du gisement

Le gisement de Dhar El-Mendjel est constitué de deux collines, une à l'Ouest en exploitation, et l'autre à l'Est en projet d'ouverture (colline Est). Cette dernière est caractérisée par l'existence de deux falaises, une falaise supérieure et une falaise inférieure dont la plus importante atteint 30 m.

9. Hydrographie

Le réseau hydrographique est représenté par deux oueds dont le plus important est Oued El-Maleh. Cet Oued passant à 3 km au nord du gisement, est presque sec durant l'été.

10. Hydrogéologie

Différentes nappes existantes dans la région qui sont les suivantes :

10.1. La nappe des calcaires liasiques

Elle s'étend du Djebel Dhar El-Mendjel vers Djebel Touila penchée au-dessous de la plaine d'El-Maleh. Cette nappe se trouve à 14m de profondeur avec un rabattement annuel de 2.3m.

10.2. La nappe des alluvions quaternaires

Son extension est limitée aux étroites vallées des oueds et les bas fonds des plaines. Cette nappe est relativement salée dont sa salinité atteint 6 à 9 gr / l dans la région d'El-Maleh et plus en bordure de la sebkha.

10.3. La nappe du pliocène continental

Représentée par des sables et grès de perméabilité variable, parfois forte en liaison avec les changements de faciès, qui peuvent être gréseux ou sableux en bordure des vallées, ou graveleux en bordure de la sebkha.

Troisième chapitre

Processus d'extraction de la roche

(De la matière première au produit fini)

I. INTRODUCTION

Situant à 18 Km au Nord de la ville d'Ain Temouchent, l'unité ENG d'El Maleh exploite des calcaires dolomitiques durs de couleur bleuâtre. La production au niveau de ce site se base sur l'extraction de la matière première en passant par une chaîne de concassage pour devenir un produit fini prêt à être commercialisé représenté par des granulats et de sable concassé en substitution aux sables des Oueds dont l'extraction est interdite par la loi minière.

II. APERÇU SUR L'ENG D'EL MALEH

L'Entreprise Nationale des Granulats "ENG" issue de la restructuration de la SNMC a été créée par décret N° 86.270 du 04 novembre 1986, avec effet à partir du 1er Janvier 1987. Actuellement, l'ENG fait partie du groupe industriel minier MANADJIM ELDJAZAIR «MANAL».

Cette société est chargée de la gestion des activités de production, de commercialisation et de développement des granulats, du carbonate de calcium et des pierres ornementales. Elle comporte neuf carrières de granulats, une usine de carbonate de calcium et une unité chargée des pierres ornementales appelée RoCaAl. Parmi ces installations, s'intercale l'unité d'El Maleh lancée en 2007 avec une production qui dépasse le un million de tonnes / an, en remplacement de celle de Chaabet El Lham fermée en 2014, suite à l'épuisement des réserves.

III. ETAPES D'EXTRACTION DE LA ROCHE

1. Les travaux préparatoires ou de découverte

L'opération d'abattage est devancée par les travaux de découverte. Elle est nécessaire pour accéder à la roche utile. Cette phase consiste à dégager la terre végétale par décapage du stérile par un engin appelé bulldozer de type Komatsu (**tabl.1**) et de procéder aussi à des ouvertures des pistes d'accès aux fronts de taille et au terrassement des banquettes (**fig. 8**).

Tableau N°1 : Caractéristique du matériel de terrassement

Equipement		Etat du matériel
Désignation	Code	
BULL KOMATSU	BDK01003	Bonne



Figure 8 : Bulldozer de type Komatsu utilisé dans les travaux de découverte.

2. L'extraction de la roche

Puis qu'il s'agit d'une exploitation à ciel ouvert, l'extraction de la roche massive se fait par le biais des substances explosives et par brises-roches en formant des gradins de 15 mètres de hauteur au maximum.

2.1. Foration

A la carrière, les travaux de foration se font par un chariot de foration (**fig. 9**) ou sondeuses de type Titon et Ingersol (**tabl. 2**). Les travaux de foration consistent à forer des trous de mines pour l'abattage de la roche calcaire par le biais des substances explosives. L'établissement du plan de tir et sa mise en œuvre sera fonction du taux de la réalisation des trous de mines (**fig. 10**).

Tableau N°2 : Caractéristiques du matériel de foration

Equipement		Etat du matériel
Désignation	Code	
Groupe de foration type TITON	FRS45004	Bonne état
Compresseur mobile type INGERSOL	CPI02028	



Figure 9 : Photo montrant un chariot de foration de type TITON entrain de creuser un trou



Figure 10 : Trous de mine pour un prochain tir de mine

2.1.1. Paramètre d'un trou de mine

a. L'angle de l'inclinaison

Conformément à la réglementation algérienne (circulaire n° 196 du 09/11/1996 relatif à la mise en œuvre des substances explosives dans les mines et les carrières). L'inclinaison d'un

trou de mine ne doit pas dépasser 30° par rapport à la verticale. Dans notre cas, l'unité d'El Maleh procède à la foration des trous en adaptant une inclinaison de 15 ° par rapport à la verticale.

L'avantage de ce choix selon Jean Lot (1988) se résume comme suivant :

- L'amélioration la qualité de fragmentation des roches,
- Le bon cisaillement des gradins
- La rupture du pied avec moins d'effet arrière sur le bord du gradin.
- Moins de bloc en tête, avec plus de sécurité car les surplombs sont moindres.

b. Le nombre de rangées

En pratique, il est nécessaire de prévoir une foration en deux rangées. Cette possibilité est liée à l'utilisation du tir à détonateurs microretards afin que la tranche frontale s'ébranle avant le tir de la seconde et ainsi de suite. Notons que l'entreprise utilise une volée de tir en une seule rangée pour des raisons sécuritaires car l'unité est proche de sites urbains.

L'ENG d'El Maleh dispose deux foreuses, le rendement pratique d'une sondeuse (R_p) est égale à 67 m / poste.

Nous pouvons ainsi en déduire le nombre de trou forés pendant un poste par la formule suivante :

$$N_{tr} = \frac{2 * R_p}{16}$$

$$N_{tr/p} = \frac{2 * 67}{16} \approx 8 \text{ trous}$$

Donc le nombre trou forés pendant une semaine $N_{tr/s}$ est égale :

$$N_{tr/s} = N_{tr/p} * N_{j/s}$$

$N_{j/s}$: Nombre de jours ouvrables par semaine (5 jours)

$$N_{tr/s} = 8 * 5 = 40 \text{ trous/semaine.}$$

En pratique l'entreprise ENG a besoin de forer que 46 trous par semaine pour assurer une continuité de la production.

c. Le diamètre du trou de mine foré

L'ENG d'El Maleh utilise un taillant de 105 mm de diamètre. Ce choix est en fonction de la dureté de la roche ainsi que sa fracturation en profondeur. Il est indispensable de signaler que le diamètre de foration des trous de mine est le paramètre de base pour la détermination de la banquette et de la charge d'explosif par trou de mine foré et prédétermine presque tous les principaux paramètres des travaux de foration et de tir.

d. La profondeur du trou de mine

La profondeur adoptée par la carrière est de quinze (15) mètres selon le cadre réglementaire qui régit les activités minières.

e. La maille de foration

Une maille est le rapport d'écartement entre les trous (la distance entre trous) sur la banquette (c'est la ligne de moindre résistance). La banquette est la ligne de moindre résistance autrement dit, l'espace qui sépare la rangée des trous de mine et le front de taille. Dans notre cas, elle varie entre 3,5 et 4,5 mètre.

L'espacement (écartement) est la distance qui sépare deux trous qui se suivent, elle est égale à 3 mètres.

La réglementation algérienne prévoit que la première ligne de trou par rapport au front de taille doit être de 30 fois le diamètre du trou de mine foré et l'intervalle entre les trous de mine sera compris entre 30 et 40 fois le diamètre du trou de mine foré.

f. La Surfuration

Ou bien sous-foration, est la longueur additive pour assurer le cisaillement du gradin, généralement elle est égale à la banquette / 3.

g. Le bourrage

C'est le sable ou gravillon utilisés pour colmater le trou de mine, sa longueur est égal à la banquette ou le 1/3 de la longueur du trou de mine (**fig. 11**).

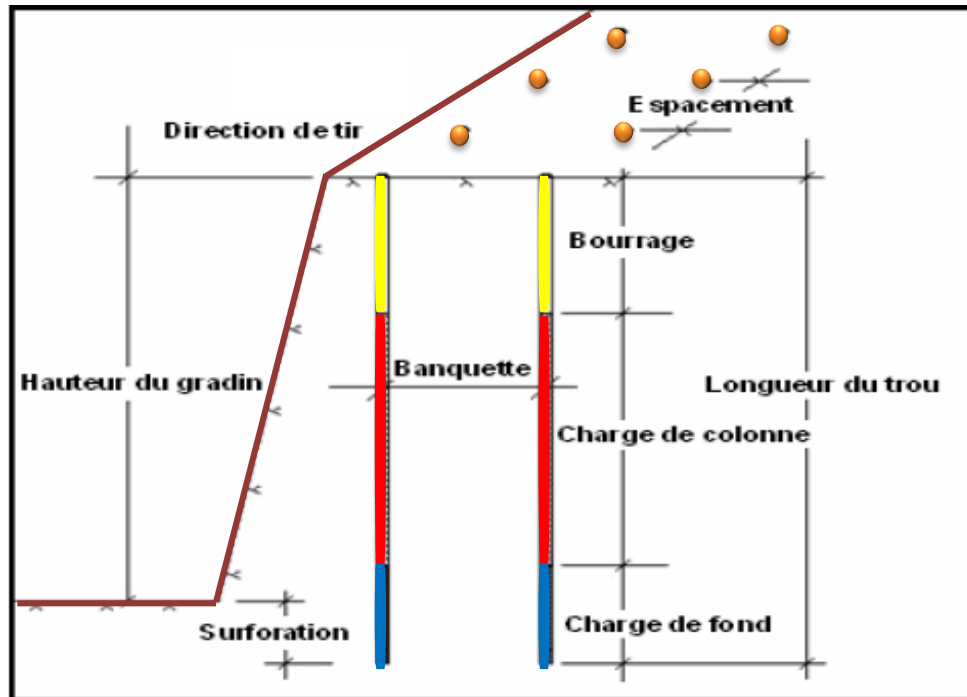


Figure 11 : Géométrie et les différents paramètres d'un trou de mine

2.2. Le tir de mine (Minage ou abattage par explosifs)

L'entreprise nationale de granulats exploite le gisement à ciel ouvert par l'abattage de la roche à l'aide des explosifs. Les travaux se font par le biais des substances explosives de type Marmanite (3/80) en utilisant un tir électrique dont les paramètres de foration et d'amorçage sont établis suivant un plan de tir.

Les préoccupations de l'entreprise sont d'exploiter le gisement tout en respectant l'ensemble des règles de l'art minier.

2.2.1. La nature des explosifs utilisés

L'entreprise nationale de granulats utilise la Marmanite (3/80) comme explosif principal dans les travaux d'abattage et qui possède les caractéristiques suivantes (**tabl. n° 3**) :

Tableau N°3 : Caractéristiques de la matière explosive de type Marmanite

Désignation	Poids	Longueur	Diamètre	Vitesse de détonation	Densité	Puissance	Résistance à l'eau
Marmanite 3/80	2,5 kg	50 cm	80 mm	6500 m/s	1,33	1,18 CUP	Médiocre

Le choix de l'explosif à utiliser dépend des critères suivants :

- La nature de la roche.
- Le degré de la fracturation du gradin.
- La présence ou non d'eau dans les trous de mine.

Le chargement des trous de mine se fait manuellement par gravité. Tous les trous de mine chargés sont bourrés par des débris de foration ou bien de gravier de granulométrie 4/8 afin d'empêcher les gaz générés lors de l'explosion d'être souffler endors du trou de mine.

La mise à feu sera procédée par un amorçage électrique soit latéral ou mixte par un cordeau détonant, attaché à la première cartouche qui sera mis au fond du trou par chute libre. Parfois, l'amorçage sera ponctuel sans l'utilisation du cordeau détonant, dans ce cas des détonateurs électriques à microretard (de 15 mètres) sont attachés soit à la première cartouche (l'amorçage est dit postérieur) soit au niveau de la dernière cartouche (l'amorçage est appelé antérieur) (**fig. 12**).

Dans le cas de tir mixte, le détonateur électrique à microretard est attaché au cordeau détonant, les tiges des détonateurs à microretard sont attachées à la ligne de tir qui devra être menée vers l'exploseur (instrument ou dispositif de mise à feu).

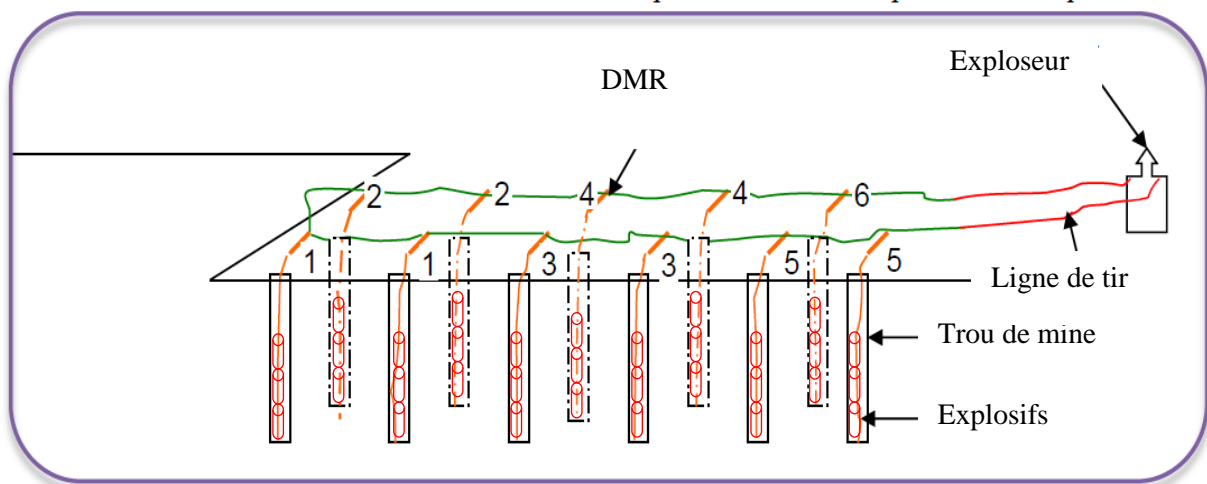


Figure 12 : Exemple de raccordement dans un tir électrique

La figure n°13 résume les principaux éléments rentrant dans d'un tir de mine électrique ou mixte.



Figure 13 : Les différents éléments rentrant dans un tir de mine

Après le tir de mine, des blocs métriques peuvent apparaître. Dans ce cas, les dirigeants procéderont à une opération nommée pétardage. Elle consiste à forer un ou deux trous de faible profondeur au niveau du bloc hors gabarie et la mise en place d'une cartouche dans chaque trou suivi d'une reprise de tir. Généralement, les responsables évitent cette technique car elle représente une source de bruit important et de risque de projection des pierres.

La deuxième possibilité choisie pour réduire la taille des hors gabarie est dite débitage secondaire par brise roche. Elle constitue la seule solution en mesure de résoudre le problème avec un rendement suffisant et moins de dangers.

2.3. Les travaux de chargement

Le tas abattu au pied du gradin doit être chargé (**fig. 14**). Ces travaux de chargement se font souvent par des engins tels que les pelles pneumatiques ou à chenille (**tabl.n°4**).

Tableau N°4 : Matériel de chargement utilisé à l'unité d'El Maleh

Equipement		Etat du matériel
Désignation	Code	
02 Pelle KOMATSU	PNK02015	Bonne état
	PNK02011	
01 Pelle VOLVO		



Figure 14 : Opération de chargement (ENG El Maleh)

2.3.1. Rendement

a. Nombre de godet pour le chargement d'un camion (N_g)

Il est donné par l'expression suivante :

$$N_g = \frac{Q_C * K_f}{C * K_r * \rho} \quad N_g = \frac{60 * 1.6}{6 * 0.8 * 2.6}$$

$$N_g = 7 \text{ godets.}$$

Q_C : Capacité du camion TEREX TR60 (60 T)

C : Capacité du godet de la chargeuse KOMATSU (6m^3)

K_f : Coefficient de foisonnement de la roche (1,6)

T : Durée de travail d'un poste (7 h) ;

ρ : Masse volumique de la roche ($2,6 \text{ T/m}^3$)

K_u : Coefficient d'utilisation de la chargeuse(0,9)

K_r : Coefficient de remplissage du godet de la chargeuse(0,8)

t_C : Durée d'un cycle de chargement (80 s)

b. Temps de chargement d'un camion (T_{ch})

Elle est calculée par la relation suivante :

$$T_{ch} = t_C * N_g \quad T_{ch} = 80 * 7 = 560 \text{ s} \quad T_{ch} = 9 \text{ min}$$

c. Rendement de chargement R

Le rendement de la chargeuse par poste est déterminé par l'expression suivante :

$$R = \frac{3600 * C * K_r * T * \rho * K_u}{K_f * t_C} \quad R = \frac{3600 * 6 * 0.8 * 7 * 2.6 * 0.9}{1.6 * 80}$$

$$R = 1360 \text{ T / poste.}$$

2.4. Le transport

Les travaux de transport de la substance minérale à l'état brute depuis le front de l'exploitation jusqu'à la station de concassage primaire, se font par des camions en nombre de quatre, de type TEREX (**tabl. n°5**), de capacité de 60 tonnes (**fig. 15**) dont 03 sont opérationnels et 01 est en panne. En réalité, le nombre de camions utilisés est de deux sur trois car le troisième reste en réserve (en cas de panne ou de forte demande).

Tableau N°5 : Matériel destiné au transport

Equipement		Etat du matériel
Désignation	Code	
TEREX 1	DPT09011	Bonne
TEREX 2	DPT09010	
TEREX 3	DPT09012	
TEREX 4	DPT09013	En panne



Figure 15 : Dumper TEREX TR60.

2.4.1. Rendement d'un camion par poste R_c

Il est déterminé par la formule suivante : $R_c = \frac{Q_c \times T_p \times K_u}{T_c}$ [Tonnes /poste], Où :

Q_c : Capacité de la benne du camion (60 tonnes).

T_p : la durée d'un poste, (travail effectif 7h).

K_u : coefficient d'utilisation pratique du camion $K_u = 0.85$.

T_c : durée d'un cycle du camion, par minutes. Ce temps de rotation au niveau de la carrière ENG est de 15 minutes.

$R_c = 60 \times 7 \times 60 \times 0,85 / 15 = 1428$ tonne / poste (par camion)

2.5. Concassage

Une fois le camion est chargé, il se dirige vers la station de concassage (**fig. 16**). Les matériaux sont versés dans une trémie qui les convoie vers une suite de concasseurs. Ces derniers sont dotés de grilles de criblage et de sélection des granulats et de sable.

Le matériel de gravillon est envoyé régulièrement par les transporteurs vibrants au concasseur à mâchoire primaire, le matériel concassé est envoyé au concasseur à mâchoire secondaire pour le concasser encore une fois. Ensuite, les matériaux concassés sont envoyés par le transporteur à bande au crible vibrant pour être séparés et déposés sous forme de tas de granulométrie suivante : 0/4 (sable concassé) – 4/8 – 8/16 – 16/25 – ballastes (pour les chemins de fer) et les enrochements pour les jetées (ports).



Figure 16 : La station de concassage sise à l'unité de l'ENG d'El Maleh

Le schéma ci-dessous (**fig. 17**) résume les différentes étapes de l'extraction de la roche pour la production des granulats.

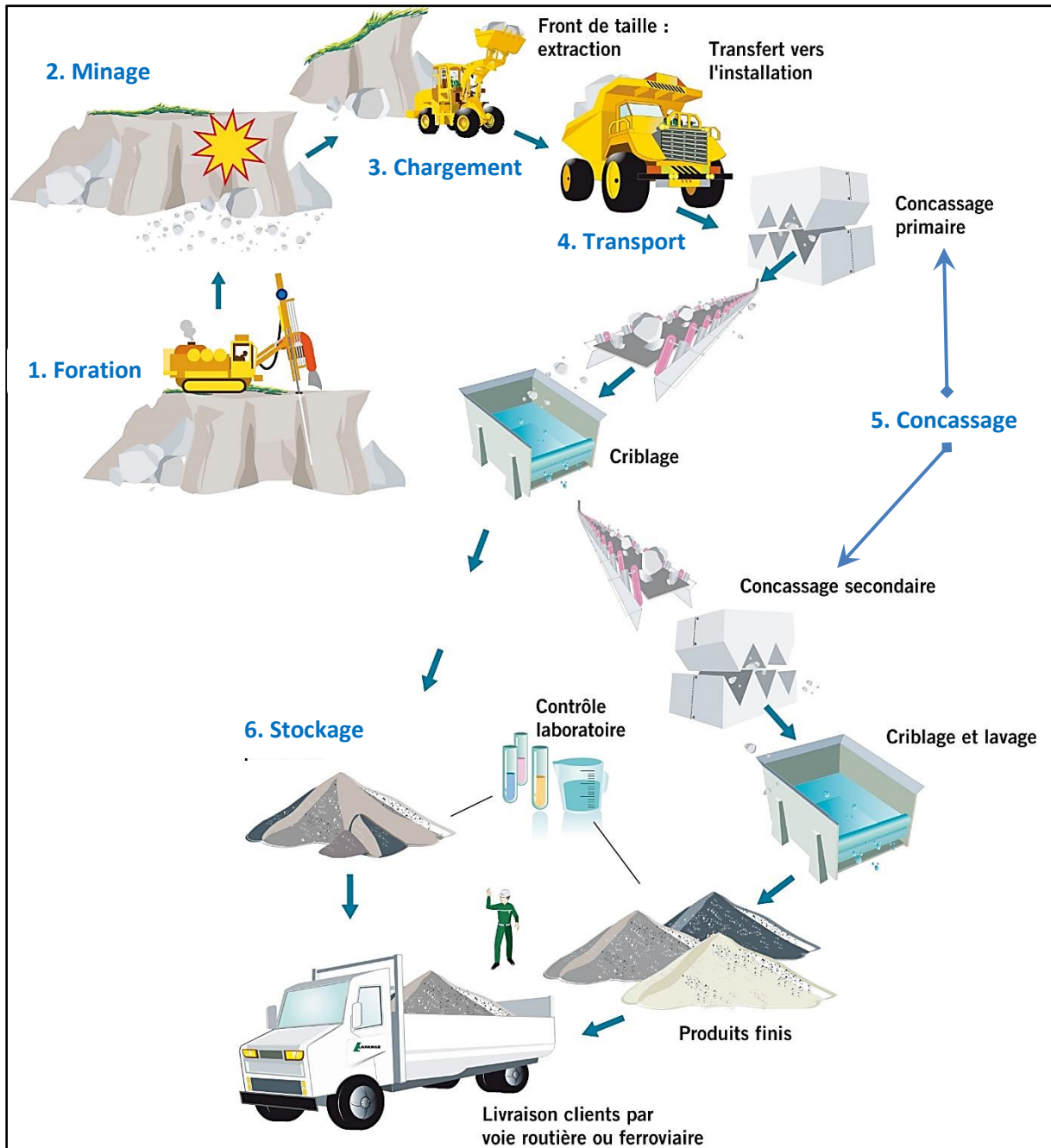


Figure 17 : Les étapes d'extraction de la roche massive (source internet)

2.6. Le stockage

Le produit fini de différentes gammes (0/4, 4/8, 8/16, 16/25, ballastes et enrochement) va être stocké sur une aire de stockage réservée à cet effet, par la suite ce produit sera vendu aux différents clients de l'entreprise de granulats ENG d'El Maleh.

Quatrième chapitre

Etude de la fracturation

I. INTRODUCTION

Les massifs rocheux sont traversés de failles, fractures, joints et d'autres types de discontinuités qui ont un effet important, voire déterminant, sur leur comportement mécanique. Les gradins d'une carrière offrent la meilleure possibilité d'examiner le massif rocheux, de voir de près son hétérogénéité et son caractère discontinu due à la présence de la fracturation.

Cette déformabilité d'une part, contrôle le comportement mécanique du massif et d'autre part, conditionne les travaux de minage surtout dans le but d'optimiser la blocométrie afin d'avoir les différentes classes granulométriques de granulats.

L'objet précis de ce chapitre est d'étudier les fracturations présentes dans la carrière, de les classer selon des familles de direction et de quantifier leurs caractéristiques structurales telles que l'espacement entre les discontinuités et leur fréquence.

II. DEFINITIONS

1. Massif rocheux

Il correspond à un assemblage de blocs pratiquement de même nature lithologique, séparés par des discontinuités à différentes échelles, représentées par de fissures, de fractures, de failles et de limites stratigraphiques (limites de couches). Un massif rocheux est connu d'être discontinu, hétérogène et anisotrope.

2. Discontinuité

On appelle discontinuité toutes interruptions de continuité qui apparaissent au niveau d'un massif rocheux, avec la possibilité de déplacement de blocs rocheux qu'elles délimitent. Les discontinuités peuvent être de diverse nature.

2.1. Types de discontinuités

2.1.1. Plan de stratification

C'est la surface de discontinuité ou l'étendue, l'ouverture et le remplissage, ainsi que la morphologie de la surface.

2.1.2. Changement de faciès

C'est une variation verticale de la nature lithologique par exemple passage vertical d'un niveau marneux à un niveau calcaire).

2.1.3. Plans de schistosité (schistosité de fracture)

Générés suite à une compression ou une distension du massif, ils correspondent à un feuilletage plus ou moins serré, acquis sous l'influence de contraintes tectoniques.

2.1.4. Les joints stratigraphiques

Les joints désignent de façon générale toutes les discontinuités affectant un massif rocheux le long desquelles ne s'est opéré aucun mouvement. Ils peuvent être vides ou rempli.

2.1.5. Les fractures d'extension

Elles sont formées sous l'effet d'une traction qu'a subi le massif lors de mouvements tectoniques. Elles sont souvent remplies de calcite ou de quartz.

2.1.6. Diaclases

Il n'y a pas de déplacement relatif. Le terme s'emploie plus spécialement pour des cassures perpendiculaires aux plans de stratifications de couches sédimentaires.

2.1.7. Les fentes de tension

Ce sont des ouvertures remplies de calcite ou de silice, elles sont formées sous l'effet d'une traction qu'a subi le massif au cours des mouvements tectoniques, déposé en échelon, parallèle à la contrainte principale.

2.1.8. Stylolites

Ce sont des fractures irrégulières formées par pression et dissolution souvent associées à des fentes de tension.

2.1.9. Les failles

C'est des cassures des couches avec un déplacement entre les deux compartiments appelé rejet. Elles représentent ainsi des discontinuités séparant deux grandes entités du massif.

Elles sont caractérisées par une grande extension et souvent un remplissage de matériau broyé et altéré, parfois des recristallisations.

2.1.10. Fractures générées par un tir de mine

Une discontinuité un peu spéciale, apparaît suite à un tir de mine. Les miniers l'appelle « faits arrière ». Elle est générée sous l'effet de l'emploi des substances explosives au niveau de la carrière.

2.2. Caractéristiques de discontinuités

2.2.1. Orientation

Une discontinuité est, au moins localement, plane. La position du plan de discontinuité est décrite par son orientation dans l'espace muni d'un repère ayant un axe parallèle au Nord magnétique.

L'orientation du plan est définie par celle du vecteur-pendage P , dirigé vers le bas, qui est la ligne de plus grande pente du plan.

2.2.2. Espacement

L'espacement représente la distance moyenne séparant deux discontinuités successives d'une même famille.

2.2.3. Extension

Ce paramètre caractérise la dimension de la discontinuité dans l'espace. Sa mesure est dans les faits très difficile à obtenir, les mesures réalisées ne pouvant être que locales. Pour déterminer la distribution de l'extension d'un joint dans l'espace tridimensionnel, on a recours à des hypothèses sur la forme de discontinuité.

2.2.4. Ouverture

L'ouverture est un paramètre représentant la distance qui sépare les deux épontes d'une discontinuité. Cette caractéristique est difficile à mesurer du fait du remplissage de la discontinuité, de sa rugosité et de sa grande variabilité le long d'un joint. En pratique, on suppose que chaque fracture a une ouverture constante et égale à son ouverture moyenne, qui est souvent ajustée par une loi log-normale.

2.2.5. Remplissage

Ce sont des matériaux soit d'origine calcitique, soit siliceuse ou bien quartzitique qui vient remplir les discontinuités, ce remplissage est post-sédimentaire.

III. METHODES DE PRESENTATION DE LA FRACTURATION

Du fait de leur origine tectonique, les discontinuités possèdent plusieurs orientations qui sont regroupées en familles de directions. C'est ainsi une famille de fractures est un ensemble structuré de fractures partageant nécessairement une origine génétique commune ainsi que des caractéristiques de fracturation similaires (telles que l'orientation, l'espacement, la densité, etc.)

1. Etude statistique de la fracturation

Sur le flanc Sud Du Djebel Dhar El Mendjel nous avons procédé à un recensement de la fracturation présente dans la carrière au biais d'une boussole. Nous avons choisi le deuxième gradin car il encaisse le maximum de la fracturation où elles sont très bien exprimées.

Les directions mesurées ont fait l'objet d'une analyse quantitative qui permet d'identifier les différentes familles de direction majeures, et de construire la rosace directionnelle. On a choisi une rosace directionnelle avec un regroupement de 30° dont le souci est de dégager uniquement les familles de direction prédominante. Six (06) classes ont été retrouvées (**tabl. n°6**).

La rosace nous révèle une fracturation dans toutes les directions (**fig. 18**) dont une prédominante et deux autres secondaires. En ordre décroissant, elle fait ressortir que la famille de direction majeure de la trame linéamentaire, d'orientation **N150-N180 (la classe F)** avec un pourcentage de 43% est la prédominante. Deux autres familles secondaires, moins exprimées par rapport à la première sont représentées respectivement par les classes **B (N30-N60, 25.93 %)** et **A (N00-N30, 18.52 %)**.

Une première lecture de ces résultats ressorte trois directions de fractures dont une est principale représentée par la N150 et les deux autres sont la N20 et La N50. Nous les traiterons avec plus de détails dans la partie discussion (**fig. 19 et 20**).

Tableau N° 6 : Les 06 familles directionnelles du site de Dhar El Mendjel

Classes	Direction	Nombre	Pourcentage
A	N000-N030	15	18,52 %
B	N030-N060	21	25,93 %
C	N060-N090	4	04,94 %
D	N090-N120	3	03,70 %
E	N120-N150	3	03,70 %
F	N150-N180	35	43,21 %
Total		81	100 %

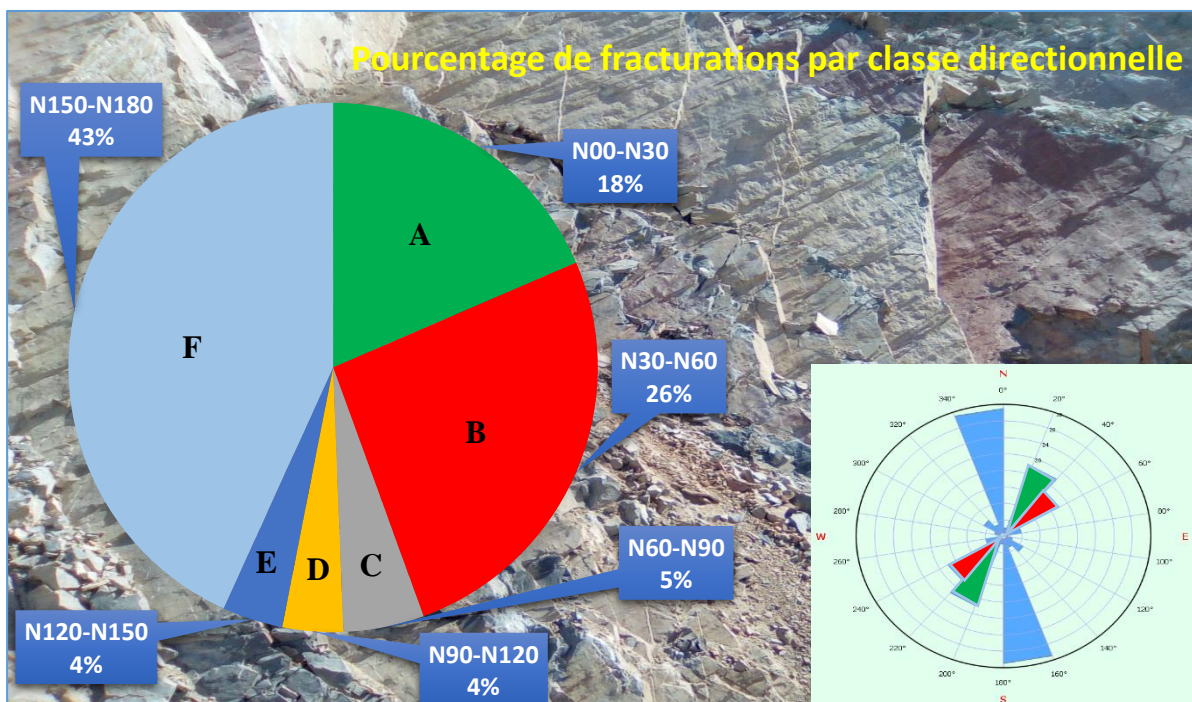


Figure N° 18 : Résultats de l’analyse quantitative de la fracturation du site Dhar El Menjdel



Figure 19 : Exemple de la fracturation présente dans le site du Djebel Dhar El Mendjel

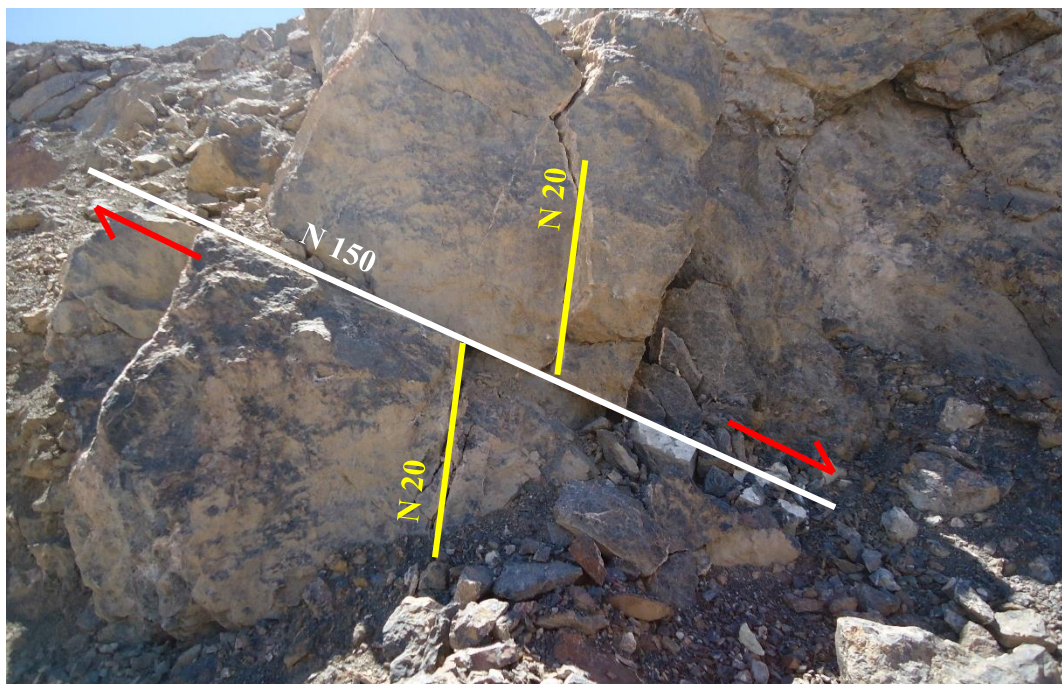


Figure 20 : Déchrochement dextre (la direction N20 recoupée par la N150)

2. Caractérisation des discontinuités

En plus de son orientation, une discontinuité est caractérisée par un certain nombre d'éléments (comme sa longueur, son espacement, son ouverture et sa fréquence, etc.). La connaissance de l'ensemble de ces paramètres permet une bonne description et une meilleure étude d'un massif rocheux (Chahloub, 2006). Par la présente étude, nous nous contenterons de traiter l'espacement entre les discontinuités et leur densité.

2.1. L'espacement (X)

Pour réaliser cette tâche, nous avons adopté la méthode de scanline. Elle consiste à dénombrer toutes les fractures présentes sur une ligne de cent (100) mètres. Le gradin examiné compte environ 81 fractures de longueur variable et orientées dans différentes directions.

La mesure de l'espacement doit toujours être prise perpendiculairement au plan de la discontinuité. Comme nous pouvons prendre les mesures des espacements apparents X_{app} levées le long d'une scanline (**fig. 21**) qui sont reliés aux espacements vrais X par la fonction suivante :

$$X = X_{app} \cos \theta$$

Au niveau de notre site, l'angle entre la scanline et le plan moyen des discontinuités de la même famille est de 30° , ainsi que l'espacement moyen apparent est égale à 45 cm.

$$X = 45 \cos 30. X = 38 \text{ cm.}$$

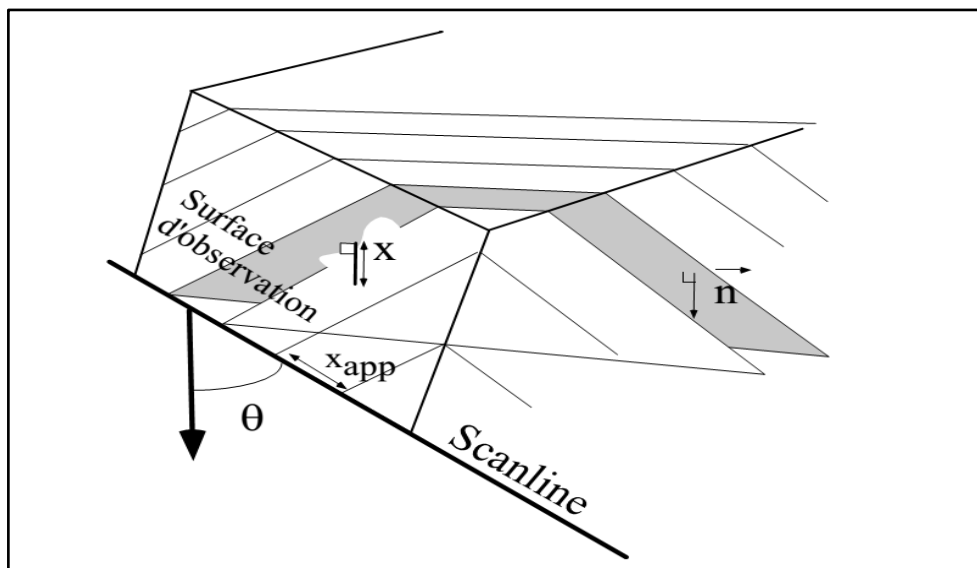


Figure 21 : La méthode de mesure scanline

Cette mesure permet d'évaluer la densité de la fracturation d'un massif, (Aftès, 2001 ; *in* Kimour 2016) et à établir une classification d'espacement des discontinuités, (**tabl.n° 7**).

Tableau N° 7 : Classes d'espacement des discontinuités

Classes	Espacement (cm)	Termes descriptifs
ES1	> 200	Discontinuités très espacées
ES2	60 – 200	Discontinuités espacées
ES3	20 – 60	Discontinuités moyennement espacées
ES4	6 – 20	Discontinuités rapprochées
ES5	< 6	Discontinuités très rapprochées

2.2. La fréquence de la fracturation

Exprimant le nombre de fracture par mètre linéaire, elle est définie comme l'inverse de l'espacement moyen entre les discontinuités (Jaboyedoff, 2003) :

$$\lambda = 1/X.$$

Comme l'espacement moyen est déjà calculé (38 cm), nous pouvons ainsi en déduire la fréquence λ , où

$$\lambda = 1/38 = 0.02 \text{ fracture par mètre.}$$

2.3. Extension

L'extension d'une discontinuité est un paramètre très important à tous les travaux de tir de mine. Comme nous ne pouvons accéder qu'à la trace de la discontinuité sur le massif rocheux, l'extension est évaluée comme étant la plus grande longueur visible de cette trace (Kimour, 2016).

Nous pouvons ainsi établir une échelle de classes d'extension par apport au massif étudié et selon (ISRM, 1997, *in* Kimour 2016), nous pouvons considérer nos discontinuités comme des fracturations d'une extension moyenne car les longueurs sont entre 1 et 3m (**tab. n°8**).

Tableau N°8 : Classes d'extension des discontinuités, (ISRM, 1997)

Extension	Longueur de la trace
Petite	< à 1 mètre
Moyenne	1 à 3 mètres
Grande	> à 3 mètres

2.4. Densité de fracturation

La densité de fracturation serait de compter le nombre des discontinuités successives intersectées par les lignes de mesures (Kimour, 2016). Un intervalle de discontinuités (ID) est défini comme la moyenne des intervalles découpés par discontinuités successives le long d'une ligne de mesure de 100 mètres (scanline). Pour obtenir la moyenne, nous avons répété à deux occasions cette opération. Le premier intervalle nous avons trouvé 45 cm et pour le deuxième, nous avons eu 63 cm. La moyenne entre les deux intervalles est de **54 cm**. Une classification de la densité de fracturation établie (**tabl. n°9**), par (Aftes 2001) nous permet de référer la fracturation présente dans notre massif à la classe **ID3**.

Tableau N° 9 : Densité de la fracturation par rapport à l'espace moyen

Classes	Indice ID d'intervalle entre les discontinuités	Termes descriptifs
ID1	> 200 cm	Densité de discontinuités très faible
ID2	60 – 200 cm	Densité de discontinuités faible
ID3	20 – 60 cm	Densité de discontinuités moyenne
ID4	6 – 20 cm	Densité de discontinuités forte
ID5	< 6 cm	Densité de discontinuités très forte

IV. DISCUSSION

1. Analyse de la fracturation

Notre analyse a été effectuée sur 81 mesures, d'après la rosace directionnelle de ces fractures nous pouvons distinguer 03 familles importantes en ordre décroissant :

- **N150-N180**
- **N030-N060**
- **N000-N030**

La première famille prédominante est représentée par les fractures de direction moyenne **N150**. Cette dernière correspond aux décrochements dextres décrites par Auclair et Biehler (1967), Elmi (1973) et Guardia (1975). Ce dernier auteur qualifie les fractures ayant cette direction comme récente. Effectivement, au niveau de Dhar El Mendjel, ces fractures jouent en décrochement dextre et elles sont les plus récentes par rapport aux autres.

Presque 26% de la fracturation sont représentées par la **N 50** (direction moyenne de la classe B ; N30-N60). Elle correspond à la direction atlasique **NE-SO** définie par plusieurs auteurs (Lucas, 1952 ; Guardia 1975 ; Fenet, 1975). Guardia (1975) mentionne que ce type d'accidents morcellent la partie Nord de la meseta en horsts et grabens.

Les fractures de direction moyenne **N20** sont celles des grandes transversales définies par Glangeaud en 1951 (Guardia, 1975). Thomas (1985) considère cette direction comme des transversaux décrochantes. Ce réseau est hérité d'une phase orogénique hercynienne et repris par l'orogénèse atlasique (Guardia, 1975).

2. Caractérisation de la fracturation

L'étude des caractéristiques d'un massif rocheux est primordiale pour optimiser les travaux de mine. Ainsi, au niveau de notre région d'étude, nous avons traité notre massif rocheux sur plusieurs paliers.

La méthode de scanline nous a permis de mesurer l'espacement moyen apparent entre deux discontinuités successives de même famille qui t'égale à 38 cm. Ce résultat, nous permet de considérer nos discontinuités comme moyennement espacée (**classe - ES3**).

L'extension de nos fracturations est comprise entre 1 à 3 mètres. Ainsi nous pouvons les estimer comme moyenne extension selon la classification d'ISRM 1997 (*in* Kimour 2016).

Sur le plan de la densité de fracturation, une classification a été établie par Aftès 2001, (*in* Kimour, 2016) nous permet de référer la fracturation présente dans notre massif à la **classe ID3** caractérisée par une densité moyenne de la fracturation.

Conclusion générale



Situé à 18 km au Nord de la ville d'Ain Temouchent, le massif de Dhar El Mendjel constitue l'un des rares édifices allochtones d'âge Jurassique affleurant dans cette région.

Le présent travail porte sur une contribution à l'étude géologique du site de Dhar El Mendjel et le suivi de près le processus d'extraction de la roche dolomitique pour la production des agrégats.

Sur le plan géologie, le massif du Djebel Dhar El Mendjel appartient à l'unité allochtone d'El Maleh d'affinité rifaine (Guardia, 1975). La roche est totalement déformée, de couleur sombre. Deux ensembles lithologiques ont été identifiés, le premier carbonaté attribué à la base du Jurassique et le deuxième schisteux daté du Jurassique moyen à supérieur (Guardia, 1975).

Sur le plan structural, et d'après la lecture des données de la rosace directionnelle des 81 fractures mesurées sur la carrière, nous pouvons distinguer 03 familles de direction qui sont en ordre décroissant :

- **N150-N180**
- **N030-N060**
- **N000-N030**

La première famille est prédominante. Elle est représentée par les fractures de direction moyenne **N150**. Cette dernière correspond aux décrochements dextres décrites par Auclair et Biehler (1967), Elmi (1973) et Guardia (1975). Ce dernier auteur qualifie les fractures ayant cette direction comme récente. Effectivement, au niveau de Dhar El Mendjel, ces fractures jouent en décrochement dextre et elles sont les plus récentes par rapport aux autres fractures.

Presque 26% de la fracturation sont représentées par la **N 50** (direction moyenne de la classe B ; N30-N60). Elle correspond à la direction atlasique **NE-SO** définie par plusieurs auteurs (Lucas, 1952 ; Guardia 1975 ; Fenet, 1975). Guardia (1975) mentionne que ce type d'accidents morcellent la partie Nord de la meseta en horsts et grabens.

Les fractures de direction moyenne **N20** sont celles des grandes transversales définies par Glangeaud en 1951 (Guardia, 1975). Thomas (1985) considère cette direction comme des transversaux décrochantes. Ce réseau est hérité d'une phase orogénique hercynienne et repris par l'orogénèse atlasique (Guardia, 1975).

Sur le plan minier, l'étude des caractéristiques de la fracturation du massif de Dhar el Mendjel est primordiale pour optimiser les travaux de mine.

La méthode de scanline nous a permis de mesurer l'espacement moyen apparent entre deux discontinuités successives de la même famille qui t'égale à 38 cm. Ce résultat, nous permet de considérer nos discontinuités comme moyennement espacée (**classe - ES3**).

L'extension de nos fracturations est comprise entre 1 à 3 mètres. C'est pourquoi, nous pouvons les estimer comme **fractures à moyenne extension**, selon la classification d'ISRM 1997 (*in* Kimour 2016).

En ce qui concerne la densité de fracturation, une classification a été établie par Aftès 2001, (*in* Kimour, 2016) nous permettre de référer la fracturation présente dans notre massif à la **classe ID3** caractérisée par une densité moyenne de la fracturation.

LISTE DE FIGURES

		Pages
Fig. 1	Principales unités géologiques de la méditerranée (d'après Bouillin, 1986).....	7
Fig. 2	Scénario expliquant L'évolution de AlKaPeCa (Frizon de Lamotte et al., 2000).....	9
Fig.3	A - Carte des principaux domaines paléogéographiques de la chaîne des Maghrébides (d'après Belayouni et al.2013)..... B - Coupe Nord-Sud montrant les principales unités structurales de l'Algérie (Chabou., document inédit).....	10
Fig. 4	Situation géographique du Djebel Dhar El Mendjel et autres massifs limitrophes.....	11
Fig. 5	Le Djebel Dhar El Mendjel et autres massifs avoisinants (Extrait de la carte topographique d'Ain Temouchent 62 Ouest au 1/25000).....	12
Fig. 6	Esquisse structurale de la région d'Ain Temouchent (INC d'Alger, 1987).....	18
Fig. 7	Carte géologique d'Ain Temouchent au 1/50.00 (INC d'Alger, 1987)	23
Fig. 8	Bulldozer de type Komatsu utilisé dans les travaux de découverte.....	30
Fig. 9	Photo montrant un chariot de foration de type TITON entrain de creuser un trou.....	31
Fig. 10	Trous de mine pour un prochain tir de mine.....	31
Fig. 11	Géométrie et les différents paramètres d'un trou de mine.....	34
Fig. 12	Exemple de raccordement dans un tir électrique.....	35
Fig. 13	Les différents éléments rentrant dans un tir de mine.....	36
Fig. 14	Opération de chargement (ENG El Maleh).....	37
Fig. 15	Dumper TEREX TR60.....	39
Fig. 16	La station de concassage sise à l'unité de l'ENG d'El Maleh.....	40
Fig. 17	Les étapes d'extraction de la roche massive.....	41
Fig. 18	Résultats de l'analyse quantitative de la fracturation du site Dhar El Menjdel.....	47
Fig. 19	Exemple de la fracturation présente dans le site du Djebel Dhar El Mendjel.....	48
Fig. 20	Décrochement dextre (la direction N20 recoupée par la N150).....	48
Fig. 21	La méthode de mesure scanline	49

LISTE DES TABLEAUX

		Pages
Tabl.1	Caractéristique du matériel de terrassement.....	29
Tabl.2	Caractéristiques du matériel de foration.....	30
Tabl.3	Caractéristiques de la matière explosive de type Marmanite.....	34
Tabl.4	Matériel de chargement utilisé à l'unité d'El Maleh.....	37
Tabl.5	Matériel destiné au transport.....	39
Tabl.6	Les 06 familles directionnelles du site de Dhar El Mendjel.....	47
Tabl.7	Classes d'espacement des discontinuités.....	50
Tabl.8	Classes d'extension des discontinuités, (ISRM, 1997).....	51
Tabl.9	Densité de la fracturation par rapport à l'espacement moyen.....	51

Références bibliographiques



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFTES, (2001) : Association française des travaux d'exploitations sous terrains. Texte provisoire des recommandations pour une description des massifs rocheux utiles à l'étude de la stabilité des ouvrages sous terrains. GT1 : géologie- géotechniques.

ANDERSON R. (1936) - Geology in the Coastal Atlas of Western Algeria. Mem. geol. Soc. Amer., New York :450 p.

ARAMBOURG C. (1927) - Les poisons fossiles d'Oran. Matér. Carte geol.. Algérie, Alger, (1), 6, 86 pl., 298 p.

AUCLAIR D., BIEHLER J. (1967) – Etude géologique des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saida. Publ. Serv. Géol. Algérie. Bull. N°34

BELAYOUNI H. GUERRERA F. MARTIN MARTIN M. & SERRANO F. (2012) – Stratigraphic update of the Cenozoique Sub-Numidien formations of the tunisian tell (north Africa): Tectonic/sedimentary evolution and correlations along the Maghrebian chain. *J. Afr. Earth Sci.* 64, pp. 48-64

BELKEBIR L. (1986). -Le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra (Algérie): biostratigraphie, paléoécologie et paléogéographie. Thèse de Doctorat, université de Provence, Marseille, France, 249 p. Belkebir L., Bessedik M., Ameer-Chehbeur A

BELKEBIR L. BESSEDIK M. AMEUR-CHEHBOUR A. & ANGLADA R. (1996) : Le Miocène des bassins nord occidentaux d'Algérie : Biostratigraphie et eustatisme, *in* Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud. Elf Aquitaine Eds, Pau, 16, pp.553-561.

BELLON H. (1976)-Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronologique. Implications géodynamiques. Thèse. Univ. D'Orsay, 335 p

BENSAAD A., MENACER A. (2007) - Etude Systématique De La Série Calcaire De D'Har El Mendjel Ain Témouchent. *Mém. Ing. ENP.* 66 p. *Inédites*

BOUILLIN J.P et al (1977) - Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El Milia (Algérie) thèse ès sciences Paris, ronéot, 509 p.

- BOUILLIN J.P et al (1979)** - La transversale de Collo et d'El Milia (petite Kabylie) : une région – clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaînelittorale d'Algérie . Mem. Soc. Géol . Fr., Nouv. Série t.t VII, n° 135 P
- BOUILLIN J.P. (1986)** - Le « bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. France, 8(2) 547-558.
- CHABBI A. (2017)** - Les nappes telliennes de la région Nord de Souk Ahras (NE algérien) Etude géologique et structurale. Thèse de Doctorat, Univ. Badji Mokhtar-Annaba, 180p.
- CHALHOUB. M, 2006** : Apports des méthodes d'homogénéisation numériques à la classification des massifs rocheux fracturés, thèse de doctorat, Paris, 225p.
- CISZAK R. (1985).**- Evolution géodynamique de la chaîne tellienne en oranie (Algérie occidentale) pendant le Paléozoïque et le Mésozoïque. Strata. Sér 2, Vol. 20, pp. 1-513 Toulouse
- DALLONI M. (1915).**- Le Miocène supérieur dans l'Ouest de l'Algérie : couches à Hipparion de la Tafna. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 16, pp. 428-641.
- DELFAUD J., MICHAUX J., NEURDIN J. & REVERT J. (1973).**- Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne : évolution de la région oranaise (Algérie). Au Miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. Bull. soc. Hist. nat. Afr. Nord, Alger, 64, 1-2, 21-241.
- DELTEIL J. (1974).**- Tectonique de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du Tell oranais oriental (monts de la Mina, Béni Chougrane, Dahra). Thèse Es-Sciences, Nice, 294p.
- DOMZIG A. (2006)** - Déformation active et récente, et structuration tectono-sédimentaire de la marge sous-marine algérienne. Thèse de Doctorat, Univ. Bretagne occidentale, 343 p.
- DOUMERGUE F. & FICHEUR E. (1908).**- Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Oran (1ère éd.).
- DOUMERGUE F. (1922)** - Carte géologique d'El Amria (ex : Lourmel), n°180, échelle 1/50000è, I.N.R.H. Oran.
- DOUMERGUE F. (1931)** - Carte géologique d'Arbal, n°180, échelle 1/50 000è, I.N.R.H. Oran
- DURAND DELGA .M (1969)** - Mise au point sur la structure de NE de Berbère Publ Serv. carte. géol. Algérie, N° 39, pp7-12 et 129-519.

ELMI S., (1973).- Rôle des accidents décrochants de direction SSW-NNE dans la structure des Monts de Tlemcen (Ouest algérien). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord- Univ. Alger, 6lp.

FENET B. (1975).- Recherches sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogène nord-maghrébin : les monts du djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. Thèse Sciences, Nice, 301 p.

FICHEUR F. (1890) - Description géologique de la Kabylie du Djurdjura. Etude spéciale des terrains tertiaires. *Thèse Doctorat ès Sciences, Paris. Fontana et Cie édition, Alger, 476 pp.*

FLANDRIN J. (1948) : Contribution à l'étude stratigraphique du nummulitique algérien. *B. S. C. G. A., (2), n°19, 340 p.*

FRIZON DE LAMOTTE D., MICHARD A. & SADDIQUI O. (2006) – Quelques développements récents sur la géodynamique du Maghreb. *Comptes Rendus Géoscience, 338: 1-10. doi:10.1016/j.crte.2005.11.006.*

GENTIL L. (1903) - Etude géologique du bassin de la Tafna. Bull. serv. Carte géol., Algérie (2), 4, 425 p.

GOURINARD Y. (1952a).- Le littoral oranais (mouvements verticaux et anomalies gravimétriques). Publ. XIX^e Congr. Géol. Intern., Alger, 9, 21-38.

GOURINARD Y. (1958).- Recherches sur la géologie du littoral oranais. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. Sér., 6, 111 p.

GUARDIA. A (1975) - Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude l'Oranie nord occidentale (relations structurales et paléogéographique entre le Rif externe, le tell et l'avant pays atlasique). Thèse Sciences, Nice, 289 p.

ISRM, (1997) - Société Internationale de Mécanique des Roches : Suggested methods for the quantitative descriptions of discontinuities in Rock Mass Int. J. Rock. Mech.Min.Sci.Geomech. Abstr, Vol, 15, p 319 -368.

JABOYEDOFF M., BAILLIFARD F., BARDOU E., GIROD F., (2004) - Weathering, cycles of saturation-unsaturation, and strain effects as principal processes for rock mass destabilization Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 37 pp. 95-103. Peer-reviewed.

KIEKEN M. (1970) - Résumé des connaissances acquises au cours des vingt dernières années dans le Titteri, le Hodna et la partie occidentale des bibans (dépt. d'Alger). Résumé de thèse .bull du B.R.G.M (2) section IV, N° 01, pp 45-76.

KIMOUR M. (2016) - Développement d'une méthodologie d'estimation des discontinuités du massif rocheux en vue de son utilisation en conception minière. These Doc. D'état. Univ. Badji Mokhtar-Annaba, 236 p.

LOUNI-HACINI A., (2002) - La transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin dans l'Oranie (Algérie nord occidentale) Thèse Doc. D'état, USTHB, Alger, 201p.

NACER W. (2005) - Etude des formations du versant Sud du massif d'Oum Settas : Approche quantitative et qualitative. Mémoire de magistère, Université de Constantine, Algérie.166p.

PERRODON A. (1957)- Etude géologique des bassins sédimentaires. Sci. Terre, 16, 2, 195 227.

POMEL Ch. (1897) - Monographie des vertébrés fossiles de l'Algérie. Les Equidés. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, 10, 44 p.

RAOULT J.F (1969) - Données nouvelles sur les flyschs au nord du Kef Sidi Driss et dans la zone du col des oliviers (nord du Constantine) B.S.G.F, (7), t. 9, 516-522. relations entre la dorsale kabyle et les flyschs sur la transversale du Djebel Rhed – phases tangentiels éocènes paléogéographie B.S.G.F, (7) , t 9 , p 523-543.

RAOULT J.F (1974) - Géologie de centre de la chaîne numidique (nord de Constantine, Algérie) thèse, Paris, 163 page.

ROUCHY J.M. (1976). - Mise en évidence de nannoplancton calcaire dans certains types de gypse finement lité (balatino) du Miocène terminal de Sicile et conséquences sur la genèse des évaporites méditerranéennes de cet age. C.R. Acad. Sci. Paris, 282 D, 13-16.

ROUCHY J.M. (1980). - La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée : un bilan. Bull. Centr. Rech. Expl. Prod. Elf Aquitaine, 4, 1, 551-545, Pau.

ROUCHY J.M., CHAIX CH., ST MARTIN J.P. (1982).- Importance et implications de l'existence d'un récif coralline messinien sur le flanc sud du Djebel Murdjadjo (Oranie, Algérie. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 294, séri 2, pp. 813-816.

ROZET A. (1831) - Notice géognostique sur les environs d'Oran. Bull. Soc. Géol. De France, 2 :46-305.

SADRAN G. (1958).- Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du Tell oranais. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. Série, n° 18, 533 p., 61 pl. photo.

SAINT MARTIN J.P. (1988).- Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. Thèse Es-Sciences, Aix-Marseille, 3 vol., 99 p., 163 fig., 48 tabl., 68 pl. photo.

THOMAS G. (1985) - Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le Bassin du Bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse Es-Sciences, Pau, 594 p., 162 fig., 32 tabl., 3 pl. h.t.

VILLA J.M. (1980) - La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Docteur ès Sciences. Paris VI, 3 vol, 663 p.,. 199 fig., 40 pl., 7 pl.

VILLE L. (1852) - Notice géologique et minéralogique sur la partie occidentale de la province d'Oran. Bull. Soc. Géol. France, (2), 9, 363-380.

VILLE L. 1857) - Notice minéralogique sur les provinces d'Oran et d'Alger. Imprimerie Impériale, Paris, 349 p.

WILDI W. (1983) - La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie), structure stratigraphique et évolutions du Trias au Miocène Rev. Géol, Dyn, pp 201-297.

ملخص:

إن هذا العمل المتواضع يحتوي على هدفين وهما في أول الأمر إنجاز دراسة جيولوجية للمنطقة موضوع هذا المشروع بإعداد ملخص للأشغال السابقة لإثراء الجانب الجيولوجي لموقع الدراسة، أما الهدف الثاني يتمحور بالخصوص على الجانب المنجمي شاملا أشغال الاستخراج الصخور المنجزة من طرف المؤسسة الوطنية للحصى وحدة المالح. إن هذا العمل قد يقودنا إلى دراسة التشققات الموجودة في الكتلة الصخرية لجبل ظهر المنجل الواقع على بعد 18 كلم شمال مدينة عين تموشنت.

الكلمات المفتاحية: جبل ظهر المنجل، عين تموشنت، المؤسسة الوطنية للحصى، دراسة جيولوجية، الجانب المنجمي، دراسة التشققات.

Résumé

Le présent travail comporte deux objectifs principaux, il s'agit en premier de faire une contribution à l'étude géologique de la région d'étude d'où il est nécessaire d'établir une synthèse des travaux antérieurs afin d'enrichir le cadre géologique du site étudié. Le deuxième est d'ordre minier comportant le suivi des travaux d'extraction de la roche effectués par l'Entreprise Nationale de Granulat (ENG-Unité d'El Maleh). Entre autres, cette présente étude va nous permettre de dévoiler les caractéristiques de la fracturation présente dans le massif rocheux du Djebel de Dhar El Mendjel situé à 18 km au Nord de la ville d'Ain Temouchent.

Mots-Clés : Djebel Dhar El Mendjel, Ain Temouchent, Entreprise Nationale de Granulat, étude géologique, minier, fracturation.

Abstract:

This work has two main objectives: first, to contribute to the geological study of the interested area from which it is necessary to draw up a synthesis of the previous work in order to enrich the geological studies of our site. The second is a mining project involving the monitoring of rock extraction work carried out by the National Aggregate Company (ENG - El Maleh Unit). Among other things, this present study will allow us to reveal the characteristics of the fractures existing in the rock of the Dhar El Mendjel Djebel, located at 18 km North of Ain Temouchent.

Keywords: Dhar El Mendjel Djebel, Ain Temouchent, National Aggregate Company, geological studies, mining project,