

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID - TLEMCEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE, DE LA TERRE
ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du

Diplôme de MASTER

En géologie

Option

Géologie des Bassins Sédimentaires

Présenté par :

ABDELALI Ali

BENLADGHEM Youcef

Thème

**ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE ET STRUCTUROLOGIQUE
DU SECTEUR NORD-EST DE DJEBEL BOULERHFAD
(SILLON ATLASIQUE) - ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL -**

Soutenu le : 25-09-2019

Devant les membres du Jury :

M. BENSALAH	Président	Université de Tlemcen
A. KACEMI	Rapporteur	Université de Tlemcen
A. BOUCIF	Examineur	Université de Tlemcen

Année Universitaire : 2018-2019

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail de fin d'étude à:

- *Ma très chère aimée mère qui m'a toujours aidé et entouré d'affection et surtout de son soutien moral.*
- *Mon cher père qui a ménagé beaucoup d'effort pour me permettre d'arriver à ce stade.*
- *Mes frères et mes sœurs.*
- *Tous mes amis.*
- *La promotion des sciences de la terre.*

Dédicaces

*C'est avec joie que je dédie ce modeste travail aux êtres les plus
chers à mon cœur :*

*Mon père et ma Mère pour leur soutien et leurs
encouragements.*

*À mes chers frères et sœurs, Mohammed, Zakaria, Rayhane
et Nessrine.*

Sans que j'oublie mes tantes et mes oncles et leurs enfants.

À toute ma famille,

À toute mes amies,

*À toute la promotion du master Géodynamique des bassins
2018/2019 avec qui j'ai vécu mes plus belles années.*

Enfin, à tous ce que j'aime et qui m'aime de près et de loin.

Youssef

REMERCIEMENTS

A l'issue de ce travail, il nous est très agréable d'adresser nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous aimerions tout d'abord exprimer notre profonde gratitude et respect à Monsieur Ali KACEMI Maître de conférences et membre du Laboratoire N°25 qui nous a proposé ce sujet, d'avoir accepté sans hésitation et avec beaucoup d'enthousiasme de nous encadrer et nous guider, nous accompagner, et surtout nous encourager afin que nous puissions le mener à bien.

Nous tenons à remercier Monsieur Mustapha BENSALAH Professeur à l'université de Tlemcen et Directeur du Laboratoire de Recherche N°25 d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour faciliter le travail de terrain et pour ses encouragements lors de notre stage.

Un grand merci à Monsieur Abdelkader BOUCIF Maître assistant et membre du Laboratoire de Recherche N°25, d'avoir accepté de lire, de juger ce mémoire et de l'enrichir par ses propositions et suggestions.

Notre profonde reconnaissance s'adresse à l'ensemble des enseignants de notre département qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons aussi à remercier tous les étudiants de la promotion 2018-2019 de Master « Géologie de Bassins Sédimentaires », avec qui nous avons partagé des moments très agréable, notamment lors du stage de terrain de la région d'Aïn Sefra (Monts des Ksour).

ملخص:

تقع منطقة الدراسة ضمن التكوين المحدب لـ "جبل بولخفاد" في منطقة عين ورقة في نطاق سلسلة جبال القصور (الأصلس الصحراوي الغربي). تعتمد هذه الدراسة على تشخيص مقطع لتركيبية الوحدات الطباقية للمنطقة (ليتوستراتيغرافي) مع إجراء دراسة احصائية تحليلية للصدوع والفوالق مع حساب ميل الطبقات على طول مقطع الجانب الشمالي الشرقي لنتوء "جبل بولخفاد".

وقد مكنتنا هذه الدراسة، من تشخيص جميع تشكيلات الوحدات الطباقية (من العصر الترياسي إلى الطباشيري). وفيما يتعلق بالدراسة البنيوية بالتركيز على المقارنة بين الوحدات و التحليل الهيكلي لكامل الوحدات الطباقية تم استنتاج العلاقة بين تشوهات طيات الوحدات الطباقية والفوالق والصدوع للمنطقة، وأخيراً العلاقة الاتجاهية للصدوع والطي.

الكلمات المفتاحية: جبل بولخفاد - جبال القصور - الوحدات الطباقية - ليتوستراتيغرافي - الطي - تشوه - الصدوع / الفوالق - العلاقة الصدوع / الطي

Résumé

La structure étudiée « Djebel Boulerhfad » est située dans la région d'Aïn Ouarka, dans les Monts des Ksour (ou Atlas saharien occidental). Il s'agit d'une étude lithostratigraphique et structurologique. L'analyse structurale concerne uniquement la terminaison péri anticlinale NE de Djebel Boulerhfad. Dans le but de cette étude, une coupe a été levée, au nord de la structure, recoupant les deux flancs. Concernant l'étude lithostratigraphique, toutes les formations (du Trias au Crétacé) ont été déterminées. A propos de l'étude structurologique, l'analyse structurale a visé la géométrie et les propriétés du pli, les déformations mineurs et majeurs, la fracturation et enfin dans une conclusion, la relation directionnelle de la fracturation et du plissement.

Mots clés : Djebel Boulerhfad – Monts des Ksour – lithostratigraphie – pli – déformation – fracturation – relation fracturation / plissement

Abstract:

The study focused on the structure of "Jebel Boulerhfad" which is located in the Ain Ouarka region of the Ksour Mountains (Western Saharan Atlas). This is a lithostratigraphic and structural study. Structural analysis concerning only The upper anticlinal ending NE of Jebel Boulerhfad. To achieve the objectives of this study, a cut from the north of the structure was lifted, crossing the two flanks. With regard to the lithostratigraphic study, all formations (from triassic to Cretaceous) were determined. Whens for the structural study, the structural analysis focused on the geometry and properties of the fold, minor and major deformations and fracking. Finally in the conclusion, a summary for the directional relationship of fracking and folding was provided.

Keywords: Jebel Boulerhfad - Ksour Mountains - lithostratigraphy - fold - deformation - fracking - relationship fracking/folding

Table des matières:

Premier chapitre : généralités.....	13
I. Cadre géographique :	14
II. Cadre géologique et structural :	17
1. Description des affleurements de l'atlas saharien occidental (monts des ksour)	17
1.1 aperçu structural	17
1.2 aperçu lithostratigraphique :	23
1.2.1 le trias :	23
1.2.2 le jurassique	24
a. Le lias.....	24
b. Le dogger	24
c. Le malm	24
1.2.3 passage jurassique-crétacé	24
1.2.4 Le Crétacé :	24
a. Le Crétacé inférieur :	24
b. Le Crétacé supérieur :	25
2. Cadre géologique du secteur d'étude :	25
III. Historique des recherches	29
1. Les recherches anciennes.....	29
2. Les recherches récentes :	29
Deuxième Chapitre : Etude Lithostratigraphique.....	33
I. Introduction	34
II. Description lithostratigraphique.....	35
1. La coupe du flanc NW (en rouge sur la figure 9 et AB sur la figure 10)	35
1.1 Localisation	35
1.2 Description :	38
1.2.1 Les affleurements triasiques :	38
1.2.2 Le Jurassique inférieur–Jurassique moyen (Dogger) « Le Domaine marin » ;	39
1.2.2.1 La « Dolomie de Chémarikh »	39
1.2.2.2 Les « Alternances d'Aïn Ouarka ».....	40
1.2.2.3 Les « Marno-calcaires de Aïn El Rhézala »	41
1.2.2.4 Les « Brèches de la Raknet El Kahla »	42
1.2.2.5 La « Formation de Teniet El Klakh »	42
1.2.2.6 La « Formation de Tigrīt »	42

1.2.3 Le Jurassique supérieur « Domaine mixte et continental ».....	45
1.2.3.1 La « Formation de Djara »	45
1.2.3.2 La « Formation d'Aïssa »	45
1.2.3.3 La « Formation de Tiloula »	46
1.2.4 Le Crétacé inférieur.....	47
1.2.4.1 La « Formation de Tiout »	47
Troisième Chapitre :	50
Etude Structurale.....	50
Troisième Chapitre : Etude Structurale.....	51
Introduction :.....	51
I. Géométrie du pli (ou propriétés du pli)	52
1. Projection de l'axe du pli :.....	55
2. Nature du pli :	56
3. Nature du pli et conclusion :.....	57
II. Déformations	59
1. Microstructures et accidents mineurs	59
1.1 Mouvements couche-à-couche.....	59
1.2 Failles mineures et stries de glissement.....	60
1.2.1 Dans le flanc NW	60
1.2.2 Dans le flanc SE	61
2. Accidents majeurs de la structure de Djebel Boulherfad.....	62
III. Etude de la fracturation :.....	63
1. Présentation des données de la fracturation de la région :.....	63
2. Analyse de la fracturation :	65
2.1. Le flanc NW :	66
2.1.1. Classes avec un pas de 10° :.....	66
2.1.2. Classes avec un pas de 20°	67
2.2. Le flanc SE.....	69
2.2.1. Classes avec un pas de 10°	69
2.2.2. Classes avec un pas de 20°	71
2.3. Au niveau de la Charnière (sommet de Djebel Chémarikh).....	73
2.3.1. Classes avec un pas de 10°	73
2.3.2. Classes avec un pas de 20°	75
2.4. Présentation globale de la fracturation de la région d'étude.....	76

2.4.1. Classes avec un pas de 10°	76
2.4.2. Classes avec un pas de 20°	78
3. Distribution de l'analyse de la fracturation	79
4. Conclusion :.....	81
Conclusion générale ; Lithologie et relation directionnelle fracturation-plissement ;.....	82
Références bibliographiques	84
Annexes	86

Liste des figures:

Figure 1: situation géographique générale de l'atlas saharien (elmi, 1986, modifiée).....	14
Figure 2: situation du secteur d'étude (région d'Aïn Ouarka) « djebel Boulherfad » en rouge sur carte topographique au 1/500 000 ^{ème} d'Aïn Sefra	15
Figure 3: secteur d'étude: djebel Boulherfad (Aïn Ouarka) sur image satellitaire bande panchromatique: bande 8, Landsat ETM+, trait de coupe en jaune pour les mesures structurales.....	16
Figure 4: les grands traits structuraux de l'Afrique du Nord (d'après elmi, 1978).	18
Figure 5: principaux reliefs des monts des Ksour et situation des traces de coupe (Kacemi; 2005).....	20
Figure 6 : les grandes coupures tectoniques des monts des Ksour ; Mekahli, 1995.	22
Figure 7 : carte géologique de la région d'étude au 1/100 000 ^{ème} (support carte photogéologique de D. Galmier, 1972).	26
Figure 8 : région d'étude sur carte photogéologique au 1/100 000 ^{ème} (D. Galmier, 1972).	27
Figure 9 : région d'étude sur carte photogéologique au 1/100 000 ^{ème} (Galmier, 1972).	28
Figure 10 : morceau de carte topographique au 1/200.000 ^{ème} d'Aïn Sefra montrant le secteur d'étude « djebel Boulherfad » et les traits de coupes :	34
Figure 11 : traces des coupes AB (du flanc NW) et AC (du flanc SE) sur image satellitaire multispectrale ETM+ (CC 457).	36
Figure 12: carte géologique du secteur de Aïn Ouarka (d'après J.P. Bassoullet, 1973 ; Mekahli, 1995).....	37
Figure 13: panorama montrant le diapir d'Aïn Ouarka	38
Figure 14 : séquence triasique du diapir d'Aïn Ouarka	39
Figure 15 légende de la lithologie.....	43
Figure 16 : coupe levée à Aïn Ouarka (el vers le NO) trias-lias-début Dogger).....	43
Figure 17 : : coupe levée au NO de Tifert) Dogger- Crétacé inférieur(.	48
Figure 18 : morceau de carte photogéologique de djebel Boulherfad (grande structure anticlinale à droite à cœur triasique) issue de la carte photogéologique au 1/100.000 ^{ème} d'Aïn Sefra (D. Galmier, 1971) traitée par le logiciel ENVI 4.5.....	52
Figure 19 : : l'itinéraire suivi pour prendre les mesures structurales sur image Google Earth .53	53
Figure 20 : le profil de l'itinéraire pris pour prendre les mesures structurales sur image Google Earth	53

Figure 21: projection des poles des plans des couches (directions et pendages des couches) de la structure de djebel boulerhfad	55
Figure 22: construction du plan axial de la partie ne de djebel boulerhfad	56
Figure 23 : diagramme de fleuty (1964), representant les plis en fonction du plongement de l'axe (δ) et du pendage du plan axial (α)	57
Figure 24 : djebel boulerhfad ; les deux traits rouges : niveaux ou les flancs sont deverses : zone centrale sur 15 km de long et la zone sud sur 14 km de long	58
Figure 25 : coupes geologiques de la partie n et s de djebel boulerhfad	59
Figure 26 : representation des attitudes des stries de glissement avec leurs plans porteurs du flanc nw (canevas de schmidt, hemisphere inferieure).....	61
Figure 27 : representation des attitudes des stries de glissement avec leurs plans porteurs du flanc se (canevas de schmidt, hemisphere inferieure).	62
Figure 28: rosace de distribution des diaclases du flanc nw (classe en pas de 10°)	66
Figure 29 : rosace de distribution des diaclases du flanc nw (classes en pas de 20°).....	68
Figure 30: rosace de distribution des diaclases du flanc se (classes en pas de 10°)	70
Figure 31: rosace de distribution des diaclases du flanc se (classes avec un pas de 20°).....	71
Figure 32: rosace de distribution des diaclases au niveau de la charniere (sommet de djebel chemarikh) (avec des classes en pas de 10°)	74
Figure 33 : rosace de distribution des diaclases au niveau de la charniere (djebel chemarikh) (classes avec un pas de 20°).	75
Figure 34: rosace de distribution des diaclases globale de la structure de boulerhfad (classes d'un pas de 10°).....	77
Figure 35: rosace de distribution des diaclases de toute la structure de djebel boulerhfad (classe en pas de 20)	78
Figure 36 : recapitulatif des mesures statistiques totales de la direction moyenne des fractures de la partie nord est de djebel boulerhfad (terminaison perianticlinale ne).....	80
Figure 37 : illustration schematique de la terminologie utilisee pour decrire les relations directionnelles entre fractures et plis (ramsay & hubert, 1987).	83

Liste des tables :

Tableau 1: directions et pendages des couches de la structure (flancs no et se de djebel boulerhfad).....	54
Tableau 2: valeurs des attitudes des plans porteurs (plans de faille), des stries et natures des accidents du flanc nw	60
Tableau 3 : valeurs des attitudes des plans porteurs (plans de faille), des stries et natures des accidents du flanc se.	61
Tableau 4 : directions de la fracturation des deux flancs se et nw.....	65
Tableau 5 : recapitulatif des mesures de direction de la fracturation du flanc nw.....	66
Tableau 6 : recapitulatif des mesures de directions de la fracturation du flanc nw	67
Tableau 7 : recapitulatif des mesures de direction de la fracturation du flanc se	69
Tableau 8 : recapitulatif des mesures de directions de la fracturation du flanc se (classes avec un pas de 20°)	71
Tableau 9 : recapitulatif des mesures de directions de la fracturation au niveau de la charniere (sommet de djebel chemarikh) (classes en pas de 10°).	73
Tableau 10: recapitulatif des mesures de directions de la fracturation au niveau de la charniere (djebel chemarikh) (classes avec un pas de 20°)	75
Tableau 11: recapitulatif globale des mesures diaclases de la structure de djebel boulerhfad	76
Tableau 12 : recapitulatif des mesures de directions de la fracturation globale de toute la structure de djebel boulerhfad (classe en pas de 20)	78
Tableau 13 : recapitulatif des mesures statistiques totales de la direction moyenne des fractures de la partie perianticlinale ne de djebel boulerhfad.	79
Tableau 14 : les differents types de fracturation	83



Premier Chapitre : Généralités

I. Cadre géographique :

Notre région d'étude fait partie de l'Atlas saharien occidental ou Monts des Ksour. Ces derniers occupent la partie la plus occidentale de l'Atlas saharien. D'orientation générale NE-SW, l'Atlas Saharien forme un ensemble de reliefs alignés sur plus de 1000 km, depuis la terminaison orientale du Haut Atlas Marocain jusqu'à la bordure occidentale des Aurès (fig. 1). Cette chaîne constitue une barrière topographique et climatique entre l'Algérie du Nord et le Sahara.

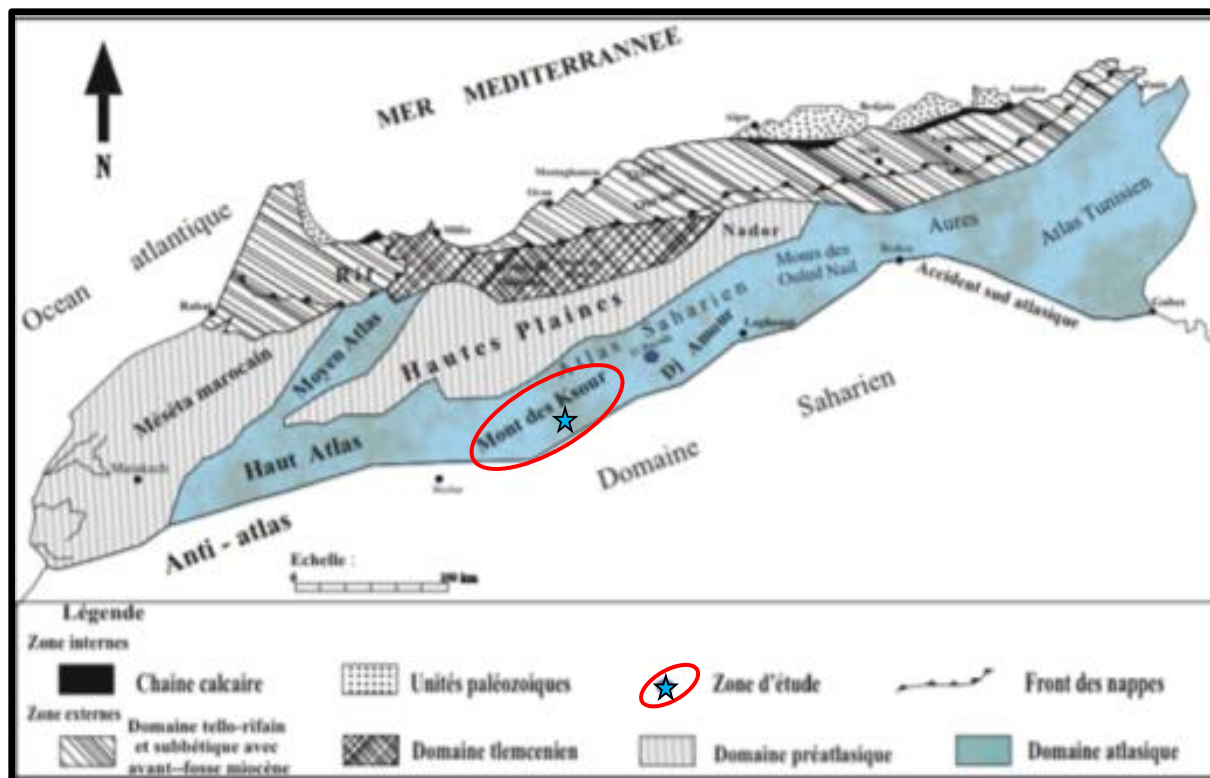


Figure 1: Situation géographique générale de l'Atlas Saharien (ELMI, 1986, modifiée).

Les Monts des Ksour sont limités au Nord par les Hautes Plaines oranaises, au Sud par la plate-forme saharienne, à l'Est par Djebel Amour et enfin à l'Ouest par la terminaison orientale du Haut-Atlas marocain (fig. 1).

Les monts des Ksour sont caractérisés par des reliefs élevés avec certains sommets qui dépassent 2000m ; Djebel Aïssa : 2236 m, Djebel M'Zi : 2145 m, Mir el Djebel : 2109 m, Djebel Mekther : 2020 m.

LES MONTS DES KSOUR

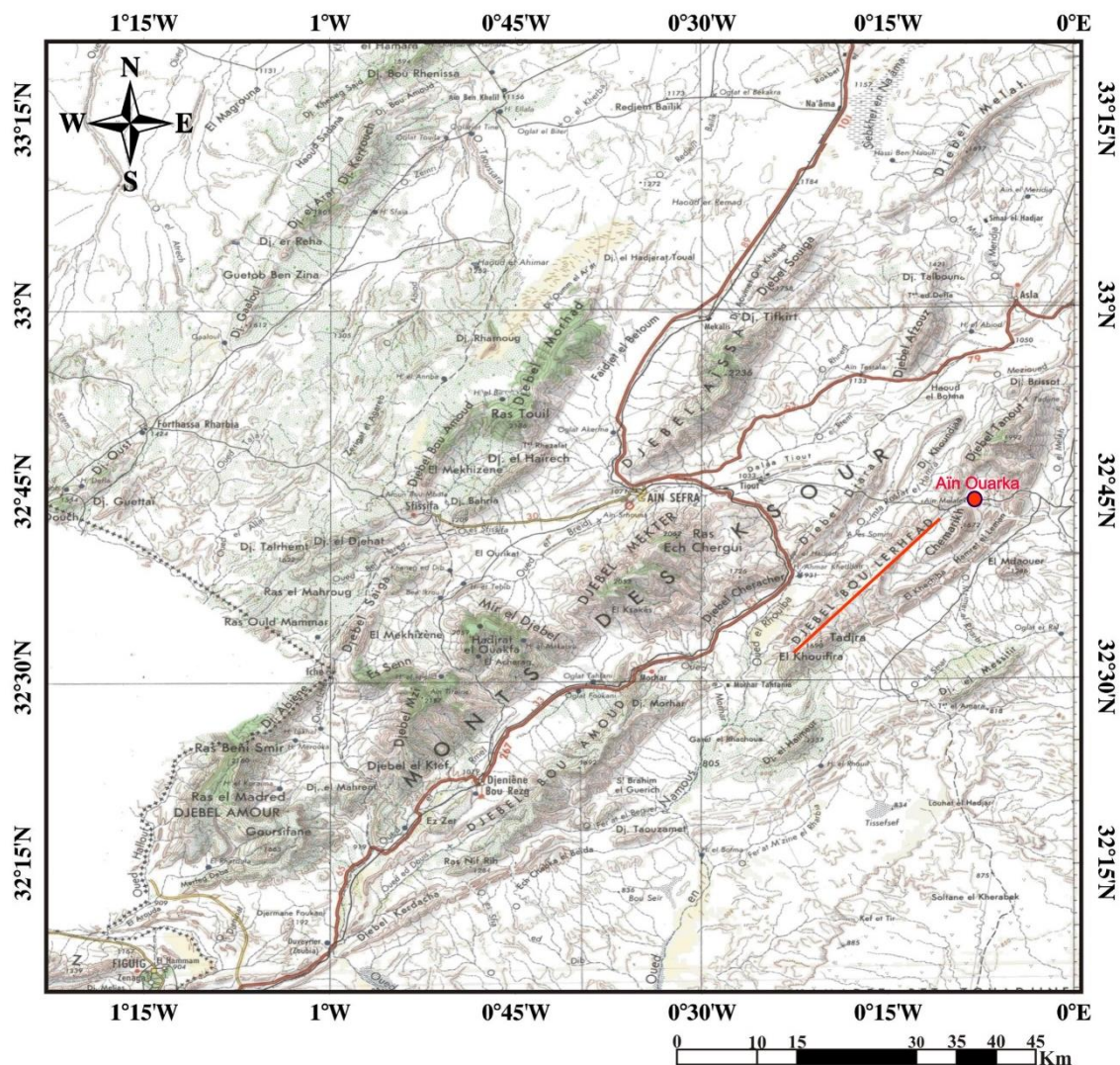


Figure 2: situation du secteur d'étude (région d'Aïn Ouarka) « Djebel Boulherfad » en rouge sur carte topographique au 1/500 000 ème d'Aïn Séfra.

« Djebel Boulherfad » est un anticlinal caractérisé par sa longueur (60Km) et sa largeur (16 Km) avec 1672m d'altitude au niveau de Djebel Chémarihk. Il s'agit d'une structure allongée SW-NE et, est limitée au SW par Moghrar et Djebel Haimeur et par Djebel Tammeda au NE. Au NO de cette structure affleurent Djebel Djara et Djebel Rhoundjaïa et au SE Djebel Medaouar et Djebel el Messitir (les plateaux sahariens). (Fig.2 et 3).

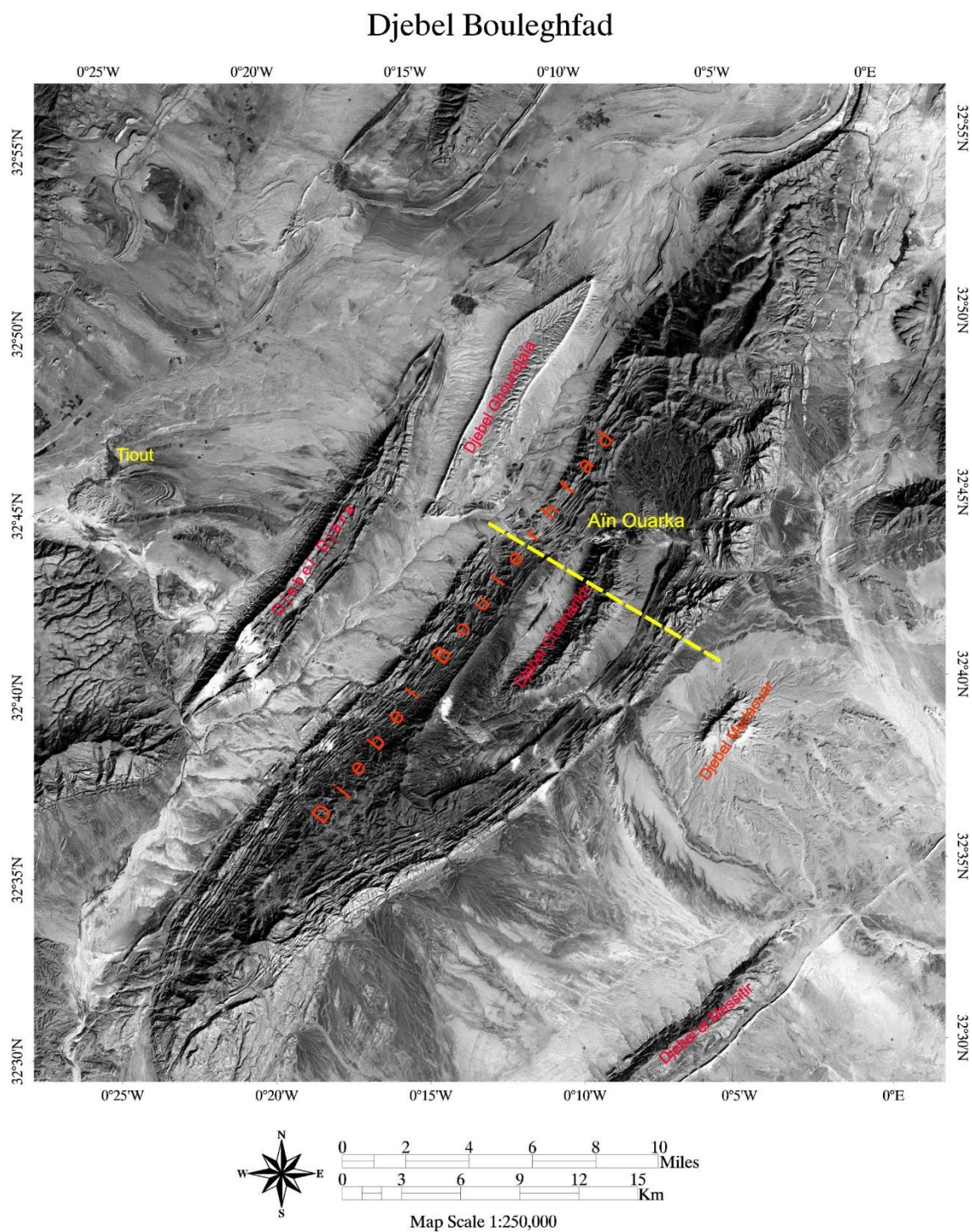


Figure 3: Secteur d'étude: Djebel Bouleghfad (Aïn Ouarka) sur image satellitaire bande panchromatique: bande 8, Landsat ETM +, Trait de coupe en jaune pour les mesures structurales

II. Cadre géologique et structural :

1. Description des affleurements de l'Atlas Saharien occidental (Monts des Ksour)

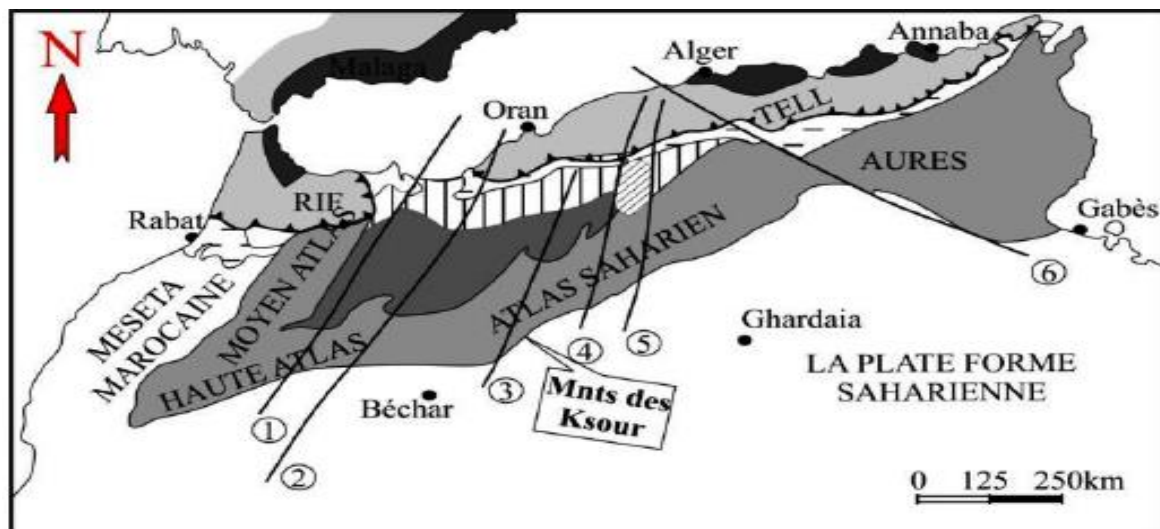
L'Atlas Saharien occidental (Monts des Ksour) occupe l'extrémité occidentale de l'Atlas saharien algérien. En général, il est représenté par un ensemble d'affleurements plissés en synclinaux et anticlinaux au cours de l'orogénèse atlasique et alpine (Kazi Tani, 1986). Les formations constituant le secteur d'étude sont de faciès variés ; sédimentaires, diapiriques et volcaniques, d'âge méso-cénozoïque. Dans ce domaine des Monts des Ksour, le socle n'affleure dans aucune localité (Kacemi 2013).

- Les affleurements les plus récents sont représentés par des couches du Tertiaire continental.
- Les affleurements les plus anciens sont d'âge triasique et représentés par des appareils diapiriques à sédimentation argilo-grésogypso-saline, contenant du matériel volcanique constitué de basaltes tholéitiques (Meddah, 1998, 2018).
- On remarque que les niveaux gréseux (Jurassique supérieur à Crétacé inférieur) prédominent et constituent la majeure partie des grands anticlinaux (Aïssa, Mekther, Djara, Morghad, Boulerhfad, etc..) (Kacemi, 2013).

1.1 Aperçu structural

L'atlas saharien se trouve sur la frange la plus méridionale de la chaîne alpine (fig. 4). Il correspond à une succession de reliefs orientés NE-SW et qui s'étendent sur 2000 km de longueur environ. Il s'agit d'une chaîne intracontinentale autonome plissée d'orientation NE-SW (Kacemi, 2013), située entre deux domaines stables (fig. 4) :

- Le domaine des Hautes plaines oranaises, de 1200m d'altitude au Nord.
- Le domaine saharien (ou plateforme saharienne), de 800m d'altitude au Sud.



La légende:










	Domaine Alpin.		Front des nappes.
	Noyaux rifo-kabyles.		Les grands accidents.
	Avant-fosse miocène.	①	Transversale de la Moulouya.
	Domaine Tlemcénien.	②	Transversale de la Tafna.
	Nador (évolution mixte).	③	Transversale d'Ain Séfra-Saïda.
	Hautes plaines Oranaises.	④	Transversale d'El Bayadh-Tiaret.
	Domaine Atlasique.	⑤	Transversale de Teniet El Had.
		⑥	Linéament Aurès-Hodna.

Figure 4: Les grands traits structuraux de l'Afrique du Nord (d'après Elmi, 1978).

Ce domaine est affecté par deux grands accidents (fig.4) :

- Au Nord par l'accident nord-atlasique qui correspond à la limite entre l'Atlas saharien occidental et les Hautes-plaines oranaises, d'orientation SW-NE (Accident sud-mésétien au sens de Kazi Tani, 1986). Il s'agit d'une flexure d'origine profonde (Cornet, 1947), qui fonctionne probablement depuis le Permo-Trias.
- Au Sud par l'accident sud-atlasique, de même orientation que le précédent, c'est la flexure saharienne (Laffite, 1939), allant d'Agadir au Maroc jusqu'à Gabès en Tunisie et en passant par l'Algérie.

La région d'étude est située dans le secteur d'Aïn Ouarka dans la partie occidentale de l'Atlas Saharien, à environ 400 km au Sud de la ville d'Oran et à 60 km au SE de la ville d'Aïn Séfra, dans la Wilaya de Naâma. Le secteur d'Aïn Ouarka est formé par un ensemble de reliefs et de dépressions qui se répartissent comme suit :

- Les reliefs sont (fig. 5) :
 - Djebel Boulerhfad, dont le cœur est occupé par Djebel Chémarikh
 - Djebel Tanout au Nord de Djebel Boulerhfad, Djebel Djeraouine au Nord-Ouest du Chémarikh.
 - Djebel Khechiba et Hamret el Lemam au Sud-Est
 - Djebel Tadjera au Sud Sud-Est
- Les dépressions sont :
 - La dépression de Raknet El Kahla au Nord
 - La dépression d'Ain Rhézala au Sud-Ouest
 - La dépression de l'Oued Mzimer au Sud-Est.

- ❖ La structure de l'Atlas Saharien occidental (Monts des ksour) est caractérisée par des formations géologiques allant du Trias jusqu'au Quaternaire. Elle est constituée d'une association d'anticlinaux, de synclinaux à fond plat et de synclinaux perchés de direction NE-SW.

Les Monts des Ksour sont marqués par deux styles tectoniques bien distincts : Un style de tectonique cassante et un autre souple :

Ils sont représentés par des accidents (failles normales ou inverses, décrochements dextres ou senestres et des plis et plis chevauchants) de directions multiples, retraçant l'histoire du bassin des Ksour jusqu'à l'inversion tectonique (formation de la chaîne atlasique). On note la présence d'une très forte fracturation de directions multiples qui suit les différentes phases de déformations de ce domaine.

Le style plicatif est marqué par des plis parfois coffrés séparés par des aires synclinoïdes. Les terrains jurassiques constituent la majorité des grandes structures formant des alignements orientés NE-SW (Galmier, 1972 ; Kacemi, 2013).

➤ Les diapirs

L'évolution de l'Atlas saharien serait guidée à partir du Trias par la structuration du socle acquise lors de l'orogénèse hercynienne (Galmier, 1951).

Les principaux affleurements des diapirs sont observés en extrusion, généralement le long des failles (fig. 06), favorisant ainsi sa remontée au niveau des anticlinaux (Djebel Djara, Djebel Mehrize, Aïn Ouarka, etc.) (Kacemi, 2005).

La phase majeure, qui a structuré l'édifice atlasique, a engendré des plis isopaques de direction NE-SW (Douhasni, 1974). Les plis ont tendance à être déjetés vers le SE (Guiraud, 1990).

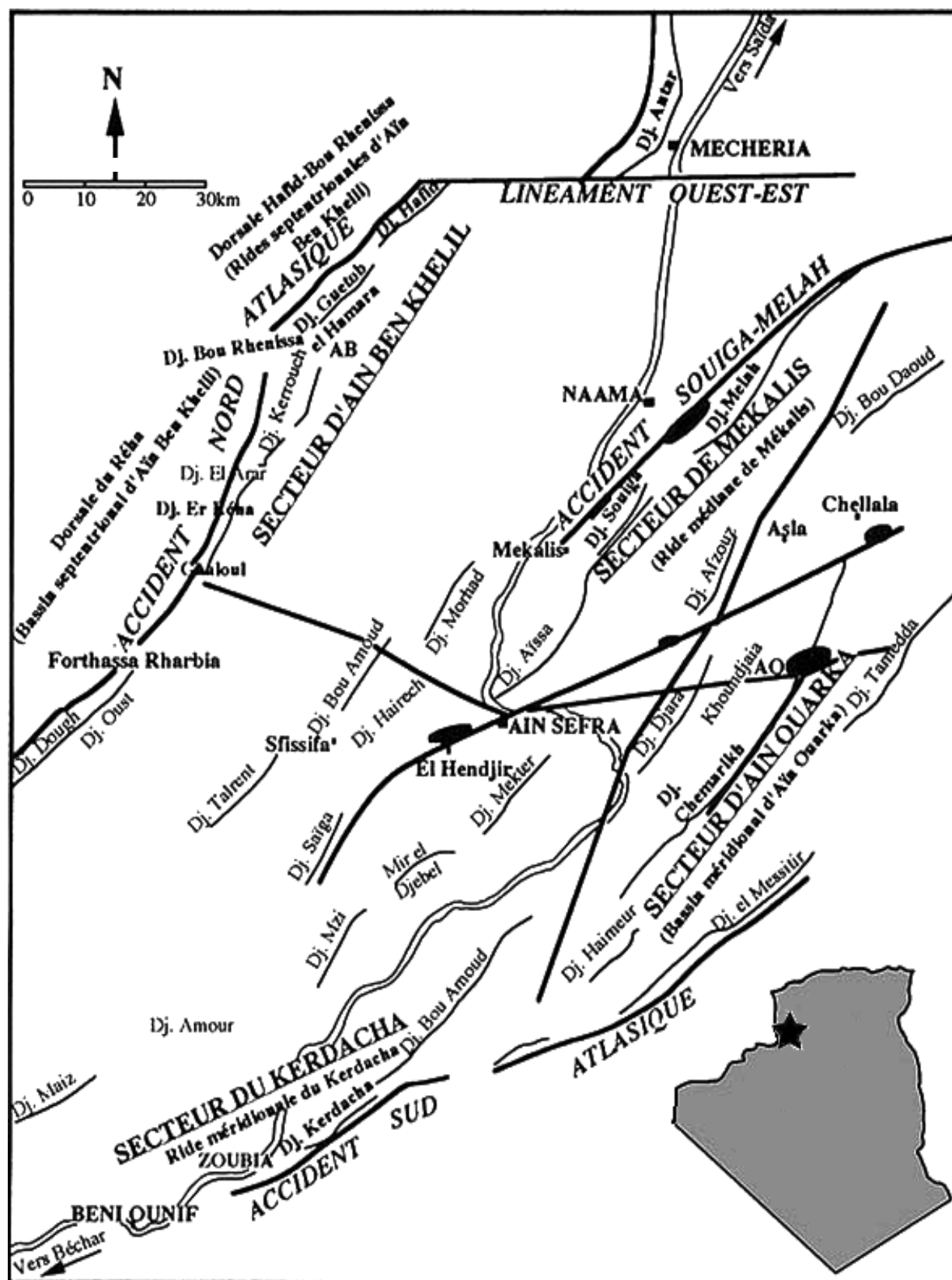


Figure 6 : Les grandes coupures tectoniques des Monts des Ksour ; Mekahli ,1995.

1.2 Aperçu lithostratigraphique :

Dans la partie occidentale de l'Atlas Saharien (Monts des Ksour); les affleurements sont caractérisés par les formations d'âge mésozoïque avec des épaisseurs plus importantes relativement à l'Est. Les formations sédimentaires les plus récentes (Tertiaires et Quaternaires) reposent en discordance sur les formations du Secondaire.

Les niveaux gréseux (Jurassique supérieur à Crétacé inférieur) prédominent et constituent la majeure partie des montagnes (Aïssa, Mekther, Djara, Morghad, Djeraouine, etc...) (Kacemi, 2005).

- Bassoullet (1973) a subdivisé les Monts des Ksour en quatre séries lithologiques :
 - Des argiles versicolores gypso-salines accompagnées de roches vertes à texture ophitique (Trias).
 - Une série carbonatée où apparaît des marnes au sommet (Lias-Bajocien inférieur).
 - Une série détritique argilo-gréseuse, avec quelques niveaux carbonatés en intercalation (Bajocien supérieur à l'Albien).
 - Des argiles à bancs dolomitiques puis à gypses surmontés de calcaires (Vraconien, Cénomaniens, à Turonien).

1.2.1 Le Trias :

Dans l'Atlas Saharien Occidental, le Trias n'affleure qu'à la faveur des diapirs dans la région d'Aïn Ouarka, à Djebel Mellah, à Ben Hendjir, ... etc., Il comporte des argiles versicolores gypso-salines accompagnées des roches vertes à texture ophitique (basalte tholeitique, Meddah, 1998).

Les diapirs triasiques généralement associés à des failles inverses longitudinales, ou à des décrochements (Meddah, 1998), apparaissent généralement aux cœurs des plis (Djebel Djara, Djebel Mehirize, Aïn Ouarka, etc.).

1.2.2 Le Jurassique :

a. Le Lias

La série sédimentaire du Lias présente une épaisseur moyenne de 800m ; les calcaires qui laissent place à des marnes au Lias supérieur, et qui occupent la majeure partie de l'Atlas Saharien Occidental. Cette série a été décrite à djebel Chémariikh par J.B.M Flamand (1911), J.P. Bassoullet (1973), M. Douihasni (1976), M. Aït Ouali (1990) et L. Mekahli, (1995, 1998).

b. Le Dogger

Le Dogger est caractérisé par des faciès de marnes, de calcaires micritiques, oolithiques lumachelliques, de calcaires récifaux, de dolomies et de grès. L'épaisseur globale peut atteindre 2500 m environ. Il regroupe les formations de Teniet El Klakh, de Tifkirt et celle de Djara, il se présente sous deux faciès différents Selon Kazi Tani (1986) :

- ✚ Faciès de sillon qui correspond à la partie centrale des Monts de Ksour.
- ✚ Faciès de plateforme correspondant à la partie latérale NW et SE.

c. Le Malm

Le Malm est représenté par des faciès généralement détritiques formé par des grès et des argiles. Ce dernier occupe généralement les grands anticlinaux tels que Djebel Aïssa, Djebel Mekther, Djebel Morghad, etc... Il est constitué par la « Formation de Aïssa ».

1.2.3 Passage Jurassique-Crétacé

Le passage Jurassique-Crétacé se fait au niveau de la « Formation de Tiloula ». Cette formation est d'âge Tithonien-Néocomien et elle est matérialisée par une sédimentation détritique terrigène.

1.2.4 Le Crétacé :

a. Le Crétacé inférieur :

En général, ce sont des dépôts continentaux et sont constitués par des faciès argilo-gréseux, légèrement carbonatée. Il englobe le Néocomien, le Barrémien, l'Aptien et l'Albien, il est représenté par la « Formation de Tiout », à sédimentation détritique.

b. Le Crétacé supérieur :

La transgression cénomanienne met fin à la sédimentation continentale du Barrémien, Aptien et Albien. Les formations qui intéressent le Vracono-Cénomano-Turonien sont la « Formations de Rhelida », la « Formation de Mdaouar » définies par J.P. Bassoulet (1973) et la « Formation de Rhoundjaïa » définie par M. Douihasni (1976).

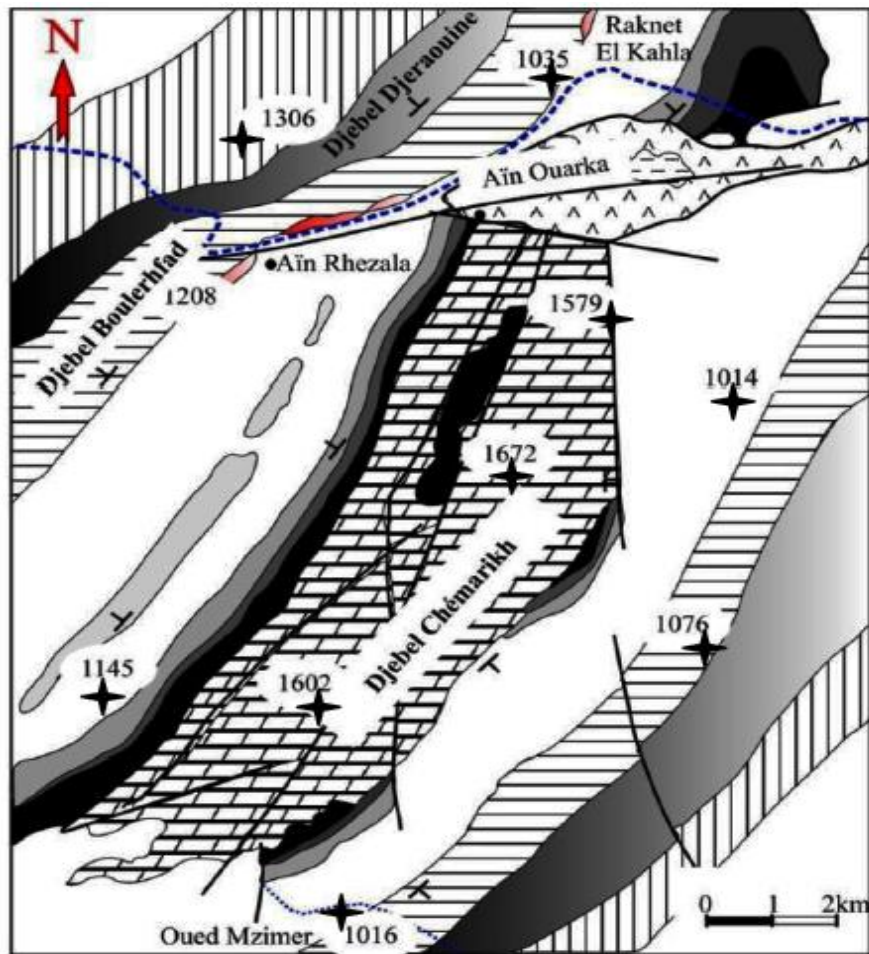
2. Cadre géologique du secteur d'étude :

Le secteur d'étude est situé dans la zone d'Aïn Ouarka, il concerne une structure orientée SW-NE. Il s'agit de l'anticlinal de « Djebel Boulerhfad ». Ses affleurements sont d'âge Jurassique - Crétacé inférieur. Il correspond et formée d'anticlinale allongés et étroits de 50 à 60 km de longueur et de 16 km de largeur, dont le point septentrional est orienté N10°E, et le point méridional est orienté N70°E. Ce secteur est caractérisé par des épaisseurs considérables qui dépendent largement de la dynamique d'ouverture du sillon atlasique en pull-apart (Kazi-Tani, 1986 ; Aït Ouali, 1991 ; Elmi, 1996, Mekahli, 1995 ; Kacemi, 2013) (fig. 7 et 8).

Ce secteur est caractérisé par des dépôts généralement marins, mixtes et continentaux.

Les formations qui intéressent notre étude sont (fig. 7 et 11) :

- La « Dolomie de Chémarikh » : d'âge Hettangien
- Les « Alternances d'Aïn Ouarka » d'âge Sinémurien inférieur et supérieur-Carixien-Domérien inférieur, moyen et supérieur.
- Les « Marno-calcaires d'Aïn Rhézala » : d'âge Toarcien inférieur, moyen et supérieur
- La « Brèche de la Raknet El Kahla » : d'âge Aalénien-Bajocien supérieur
- La « Formation de Teniet El Klakh » : d'âge Bajocien moyen à supérieur
- La « Formation de Tifkirt » : d'âge Bajocien supérieur-Bathonien inférieur
- La « Formation de Djara » : d'âge Bathonien inférieur à Callovien-Oxfordien
- La « Formation de Aïssa » : d'âge Kimméridgien-Portlandien
- La « Formation de Tiloula » : d'âge Néocomien-Tithonien
- La « Formation de Tiout » : d'âge Barrémien-Aptien-Albien
- La « Formation de Rhelida » : d'âge Vraconien
- La « Formation de Mdaouar » : d'âge Cénomaniens inférieur
- La « Formation de Rhoundjaïa » : d'âge Cénomaniens supérieur-Turonien



La légende:
















	Formations superficielles récentes.		Les Marno-calcaires d'Aïn Rhezala (Toarcien).
	Formation d'Aïssa (Sommet du Dogger)		Alternances d'Aïn Ouarka (Sinémurien-Domérien).
	Formation du Djara et Jurassique supérieur)		Dolomie du Chémariikh (Hettangien).
	Formation du Tifkirt (Sommet du Bajocien sup-Bathonien).		Faciès volcano-sédimentaires (Trias).
	Récifs Bajocien supérieur.		Pendage des couches.
	Formation du Téniet El Klach (Bajocien supérieur).		Route.
	Les Brèches du Raknet El Kahla (Aaléno-Bajocien).		Oued.
			Failles.

Figure 7 : Carte géologique de la région d'étude au 1/100 000^{ème} (support carte photogéologique de D. Galmier ,1972).

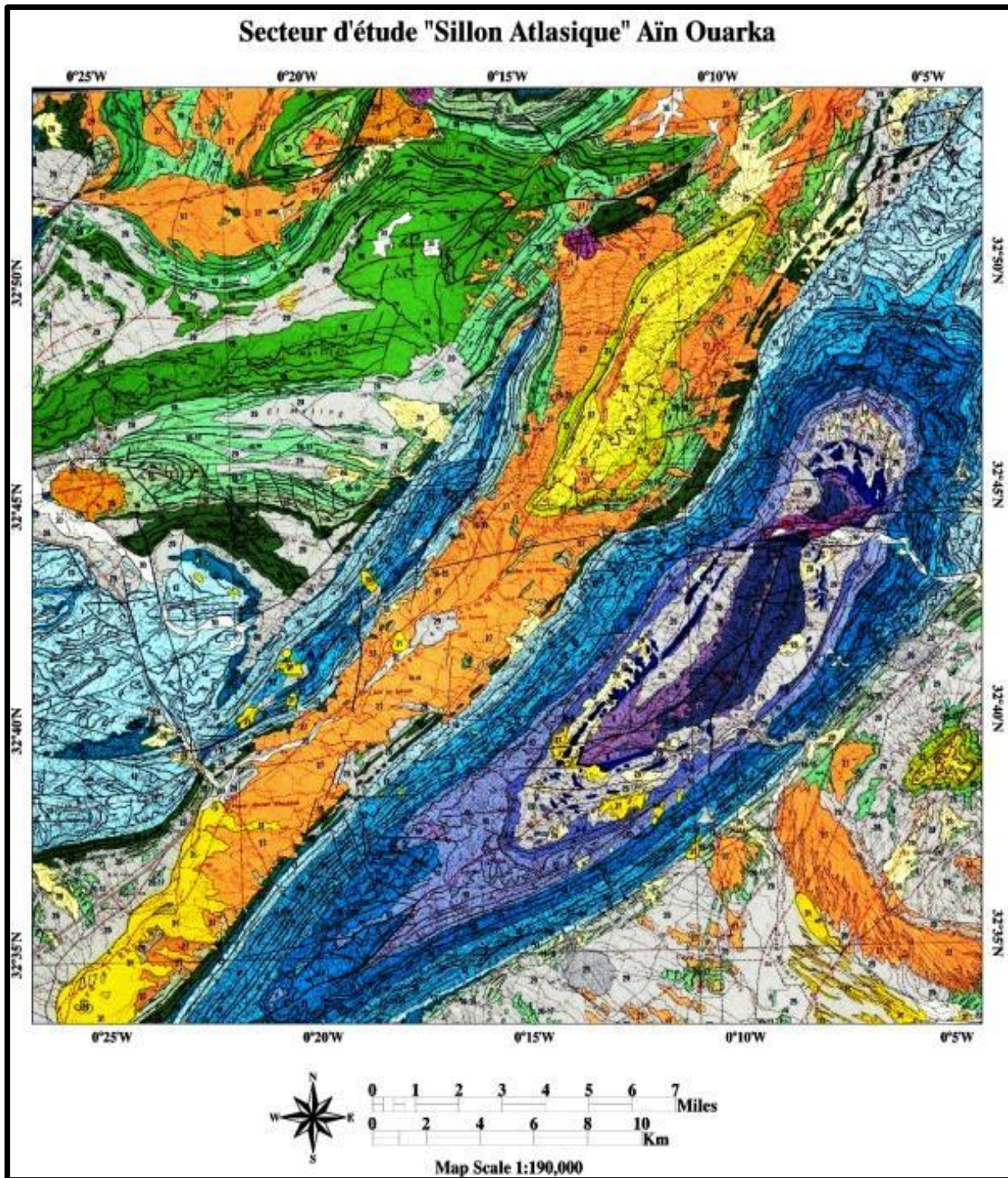


Figure 8 : Région d'étude sur carte photogéologique au 1/100 000^{ème} (D. Galmier ,1972).

Légende

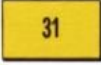

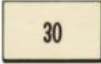
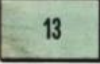

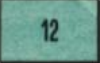
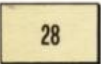

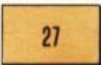
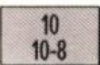


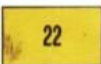

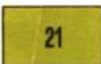
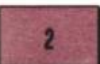
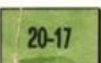

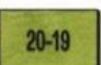



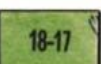





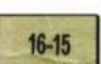
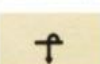
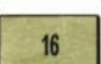



	Formation dunaires		Série de transition Infra-crétacée
	Alluvions modernes Dépôts récents		Jurassique supérieure continentale Unité 3
	Alluvions anciennes Formation tufacées		Jurassique supérieure continentale Unité 2
	Piedments, colluvions		Formation du Djara
	Carapace calcaire Form. Cont.		Dogger. Unité 4 à 2
	Grès et argiles Couches rouges		Dogger s. L.
	Turonien		Lais Supérieur
	Cénomanién		Trais diapire Argilo-gypseux
	Barrémien-Aptien-Albien Ensemble gréseux		Failles
	Albien s. L.		Failles supposées
	Albien 1 Grés de Tiout		Couches
	Barrémien-Aptien		Horizontalité
	Aptien		Pendage
	Barrémien		Verticalité
	Néocommien s. L.		Renversement
	Néocommien Unité 2		Axe anticlinal
	Néocommien Unité 1		Axe synclinal

Figure 9 : Région d'étude sur carte photogéologique au 1/100 000^{ème} (Galmier, 1972).

III. Historique des recherches :

1. Les recherches anciennes ;

Les premiers travaux ont été effectués entre 1862 – 1874 par Pouyanne. Il a attribué les terrains au Crétacé moyen (Cénomaniens) à Chabka el Baidha, au Sud de Moghrar Tahtani et au Jurassique les formations gréseuses de la partie occidentale de la chaîne des Ksour (Sfissifa et Ain-Sefra).

En 1889, Welch identifie la présence du Jurassique moyen au djebel Melah, qui basant sur la faune d'El Harchaia (Nâama).

La même année (1889) Pomel et Pouyanne publient une carte géologique au 1/800.000 en quatre coupures.

En 1889-1911, J.B.M. Flamand publie une thèse d'état présentée à l'université de Lyon « Recherches géologiques et géographiques le Haut pays de l'Oranie et le Sahara »; où il a étudié la tectonique, La géomorphologie, la stratigraphie, la paléontologie, la sédimentologie et la pétrographie. Après il a établi une assise géologique globale des Monts des Ksour depuis le Trias jusqu'au Tertiaire.

En 1949-1952, A. Cornet donne une synthèse stratigraphique et tectonique en apportant des modifications à l'échelle stratigraphique établie par Flamand.

2. Les recherches récentes :

Dans l'année (1967) On note la découverte de Dinosauriens, Crocodiliens et Poissons dans l'albien d'Ain Séfra (Crétacé inférieur) par Bassoullet et Iliou.

En 1970, Galmier, réalisa neuf cartes photogéologiques au 1/100.000ème en se basant sur l'interprétation des photos aériennes. Cette étude comporta des unités lithostratigraphiques de 1 à 31 et permet d'avoir une idée sur la tectonique de l'ensemble des Monts des Ksour.

A partir de 1973, Delfaud présente de nombreux travaux sur le thème de la sédimentologie, l'analyse séquentielle, le remplissage du bassin atlasique et le complexe deltaïque des ksour.

Bassoullet (1973) dans une thèse de Doctorat d'Etat a établi la stratigraphie détaillée des terrains jurassiques et crétacés ainsi qu'une étude sédimentologique et géodynamique de cette région des Monts des Ksour. Il a défini les formations suivantes : « Formation de Aïssa », Jurassique supérieur ; « Formation de Tiloula » (passage Jurassique-Crétacé), « Formation de Tiout » (Crétacé inférieur). Ce travail constitue incontestablement une référence d'une grande importance pour tous les géologues qui s'intéressent aux séries mésozoïques des Monts des Ksour.

En 1974, Delfaud présente un travail sur la sédimentation deltaïque ancienne avec les « grès des Ksour de l'Atlas saharien » comme modèle remarquable d'un « delta de plateforme déposé dans un sillon sans pente sédimentaire ». Il a pris la subdivision de Bassoullet pour l'application de son modèle. Il a effectué une étude sur l'évolution verticale des faciès à base d'une analyse séquentielle du Bajocien « Formation de Teniet Klakh » jusqu'à l'Albien « Formation de Tiout »

Toujours dans la même année, dans une note intitulée « typologie scalaire des séquences sédimentaires en fonction du milieu de dépôts » Delfaud présente un modèle d'application des séquences de plate-forme en milieu gréseux sur les grès des Ksour.

En 1976, M. Douihasni présenta une thèse sur l'Etude géologique de la région d'Aïn Ouarka - Bousseghoun.

En 1991, Aït Ouali présente un travail important fut mené par ce dernier. Il concerne l'étude des séries du Lias des Ksour dans le cadre du rifting liasique de l'Atlas saharien occidental ayant pour objectifs essentiels la définition des phases d'ouverture du bassin et d'un modèle géodynamique. Cet auteur réalisa une étude sédimentologique et une analyse stratigraphique basée sur un découpage séquentiel et défini quatre formations d'âge respectivement Hettangien pour la séquence L1, Lotharingien pour la séquence L2, Pliensbachien pour la séquence L3 et Toarcien pour la séquence L4. Les trois premières séquences (L1, L2 et L3) correspondent à une mégaséquence transgressive et la séquence L4 à une séquence klupfélienne de remblaiement. Une étude très intéressante des transformations diagénétiques des carbonates et une sur la quantification de la subsidence ont permis à ce dernier de donner l'histoire géodynamique du bassin des Ksour

En 1995, Mékahli a entrepris un important travail sur l'évolution des Monts des Ksour de l'Hettangien au Bajocien (biostratigraphie, sédimentologie, stratigraphie séquentielle et paléogéographie). Il a délimité la région en quatre secteurs qui sont en liaison avec l'évolution sédimentaire du bassin, où il a réalisé une stratigraphie de haute résolution et une reconstitution de la géométrie de dépôt. Ces secteurs sont : Le secteur d'Aïn-Ben khellil (bassin septentrional et ride septentrionale) ; Le secteur de Mékalis (ride médiane) ; Le secteur d'Aïn Ouarka (bassin septentrional) ; Le secteur de Kardacha (ride méridionale).

Mékahli (1998) pense que cette formation constitue en fait un groupe au sens lithostratigraphique qu'il l'a subdivisé à son tour en trois formations : Les « Alternances d'Aïn Ouarka » (Sinémurien-Domérien supérieur) ; Les « Marno-calcaires de Aïn-Rhézala » (Lias supérieur-début de l'Aalénien) ; La « Brèche de la Raknet El Kahla » (Aaléno-Bajocien). Les travaux de Mékahli ont été publiés dans les documents de Lyon (France) en 1998. Enfin, les successions lithostratigraphiques établies par Flamand et Cornet, puis par Bassoullet, Douihasni, Aït Ouali et Mékahli serviront de base pour la nomenclature de cette thèse.

En 2005, A. Kacemi dans un mémoire de magister, il étudia avec détail la lithostratigraphie, la sédimentologie, l'analyse séquentielle, la stratigraphie séquentielle des différentes formations du Jurassique moyen, au Crétacé supérieur (07 formations) en donnant un modèle du delta des Ksour.

En 2010, A. Meddah présenta une thèse Doctorat a la province magmatique de l'atlantique central (camp) dans le bassin des ksour (atlas saharien occidental, Algérie).

En 2011, M. Amrane présenta un mémoire de Magister sur l'Analyse stadiale de la "Dolomie Du Chémariikh" (Aïn Ouarka, Mont Des Ksour, Algérie).

En 2013, A. Kacemi a présenté une thèse doctorat en Sciences intitulée : Evolution lithostructurale des Monts des Ksour (Atlas Saharien, Algérie) au cours du Trias et du Jurassique : Géodynamique, Typologie du bassin et Télédétection.

En 2014, Benddine & Mekki présentent un mémoire d'ingénieur d'état étudiant la série triasique et du passage Trias-Lias des Monts des Ksour : exemple Djebel Mélah et comparaison avec Djenien Bourezg, Tiout et Aïn Ouarka (atlas saharien occidental, Algérie)

En 2017, Ahsini & Yahiaoui présentent un mémoire de master ; Etude comparative des grès de la « formation d'Aïssa » (jurassique supérieur) des sillons atlasique et pré-atlasique Monts des Ksour, Atlas Saharien

➤ **OBJECTIFS ET METHODES**

• **Les objectifs**

L'objectif principal et fondamental de ce projet de fin d'étude ; c'est l'étude structurale de Djebel Boulerhfad à partir des travaux de terrain. Pour cela il faut aborder l'étude lithostratigraphique de cette structure, selon une coupe géologique levée sur les deux flancs et en même temps de prendre des mesures structurales (attitudes des couches, mesures de la fracturation, etc.).

• **Méthodes :**

- **Travail de terrain :**

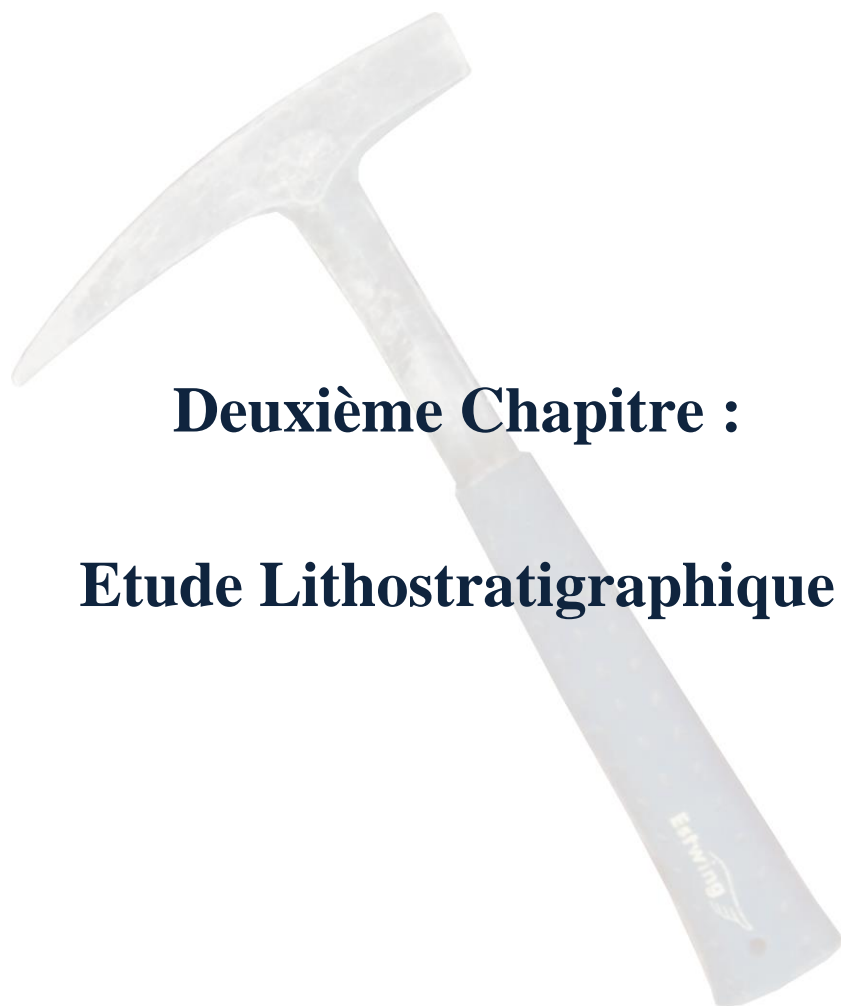
Il s'agit d'un anticlinal orienté SW-NE, les pendages du flanc NW sont vers le NW et ceux du flanc SE sont vers le SE, alors la procédure est la suivante :

La coupe débute par le cœur de l'anticlinal cela veut dire à partir du sommet du Chémarikh, pour les deux coupes (une coupe pour chaque flanc afin de prendre les mesures structurales). La première, du flanc NW du sommet jusqu'à Dj. Rhoundjaïa et la deuxième du flanc SE du sommet jusqu'à Dj. Medaouar. Cela nous a pris presque une semaine de terrain pour la première mission.

- **Les travaux de laboratoire et de bureau :**

Reconnaitre les différentes formations qui constituent notre terrain d'étude en faisant des corrélations avec d'autres coupes levées dans ce secteur par d'autres auteurs (communications, publications, mémoires d'ingénieurs, de masters, de magisters, thèses de Doctorat etc.).

Reprendre les mesures structurales, les projeter sur canevas de Schmidt et interpréter : étude du pli, des failles et de la fracturation (tectonique cassante et plicative).



Deuxième Chapitre :
Etude Lithostratigraphique

Deuxième Chapitre : Etude Lithostratigraphique

I. Introduction

Notre secteur d'étude nommé « Djebel Boulerhfad » est un anticlinal allongé SW-NE, caractérisé par sa longueur (60Km) et sa largeur (16 Km) avec 1672m d'altitude au niveau de Djebel Chémarikh.

Secteur d'Aïn Ouarka

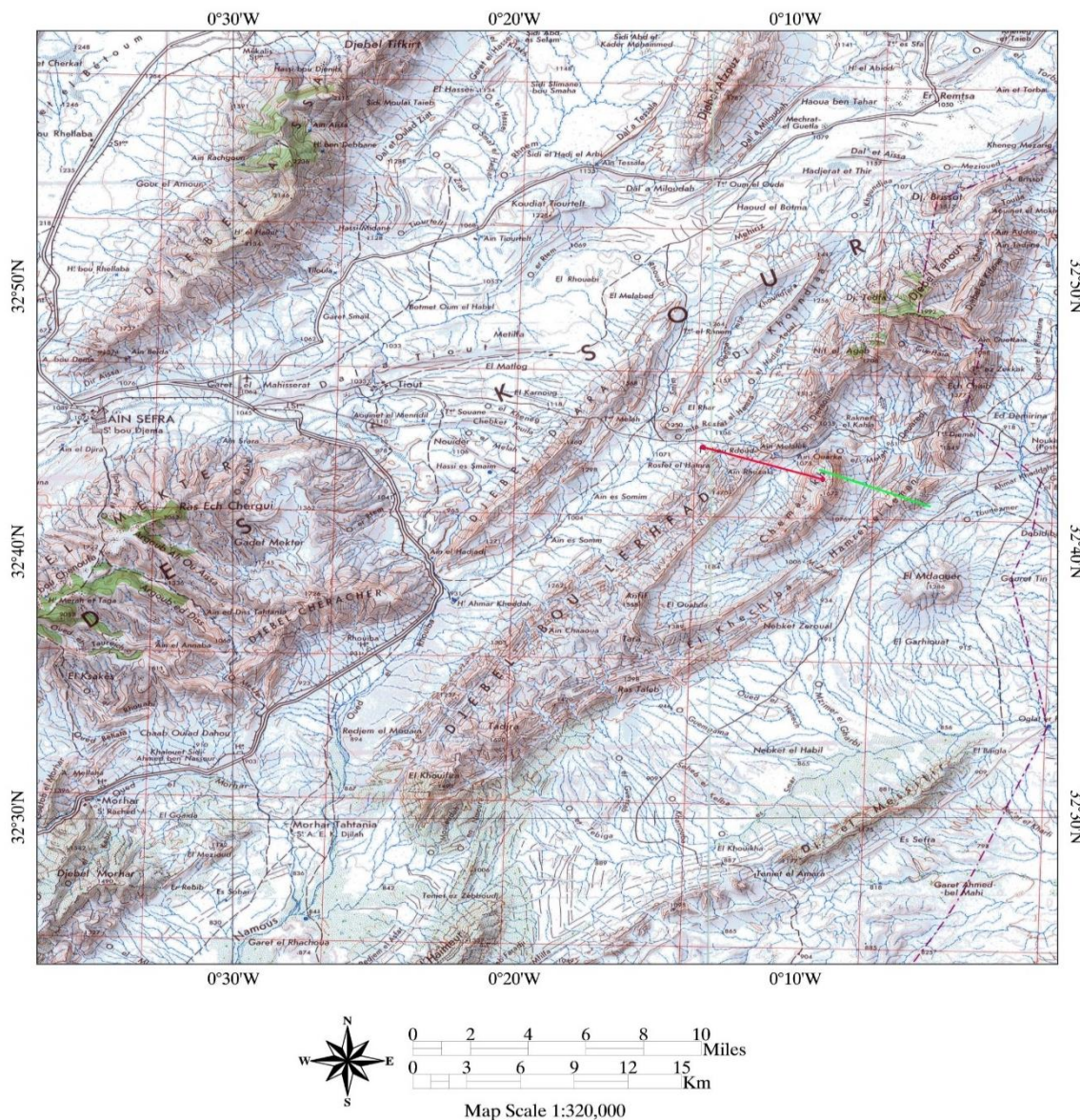


Figure 10 : Morceau de carte topographique au 1/200.000^{ème} d'Aïn Séfra montrant le secteur d'étude « Djebel Boulerhfad » et les traits de coupes :

En rouge pour l'étude lithostratigraphique et en rouge et vert pour l'étude structurale.

Géographiquement, il est limité au SW par la localité de Moghrar Tahtania (partie nord orientale de Djebel Haimeur) et par Djebel Tammeda au NE. Comme il est limité, par Djebel Djara et Rhoundjaïa au NW et au SE, par Djebel Messitir (fig. 9 et 10). C'est dans cette région que s'est effectuée une partie de notre stage de terrain de fin de cursus.

Dans ce travail et dans un relief où l'accès est très difficile, deux coupes ont été levées à partir du cœur (le sommet) de Djebel Boulerhfad nommé « anticlinal de Djebel Chémarikh » afin d'étudier les deux flancs (NW et SE) de la grande structure. Nous nous sommes basés sur la coupe du flanc NW pour la l'étude lithostratigraphique (en couleur rouge sur la carte topographique) (fig. 9).

- ❖ La coupe AB (fig. 10) débute à partir du cœur de l'anticlinal de Djebel Chémarikh et concerne le flanc NW celle qui sera décrite dans ce chapitre pour la partie lithostratigraphie. Elle se termine au pied de Djebel Rhoundjaia (flanc NW de Dj. Boulerhfad)
- ❖ La coupe AC (fig. 10) qui s'intéresse le flanc SE elle débute aussi au cœur de l'anticlinal de Chémarikh au Sud-Est d'Oued M'zimer qui entaille un grand relief gréseux (El Khechiba et Hamrat El Lemam) pour la partie structurale du deuxième chapitre.

II. Description lithostratigraphique

1. La coupe du flanc NW (en rouge sur la figure 9 et AB sur la figure 10)

1.1 Localisation

Il s'agit d'une coupe orientée NW-SE levée dans le flanc NW de Djebel Boulerhfad, elle débute à partir de l'axe de l'anticlinal de Djebel Chémarikh qui est situé au sommet de sa structure (plus de 1672m) et se termine vers le NW jusqu'à Djebel Rhoundjaïa. Cette coupe ayant les coordonnées géographiques suivantes (fig. 9, carte topographique) :

XA : 3624335,25 N , YA : 232790.09 E

XB : 3624858,47 N , YB : 239788,38 E

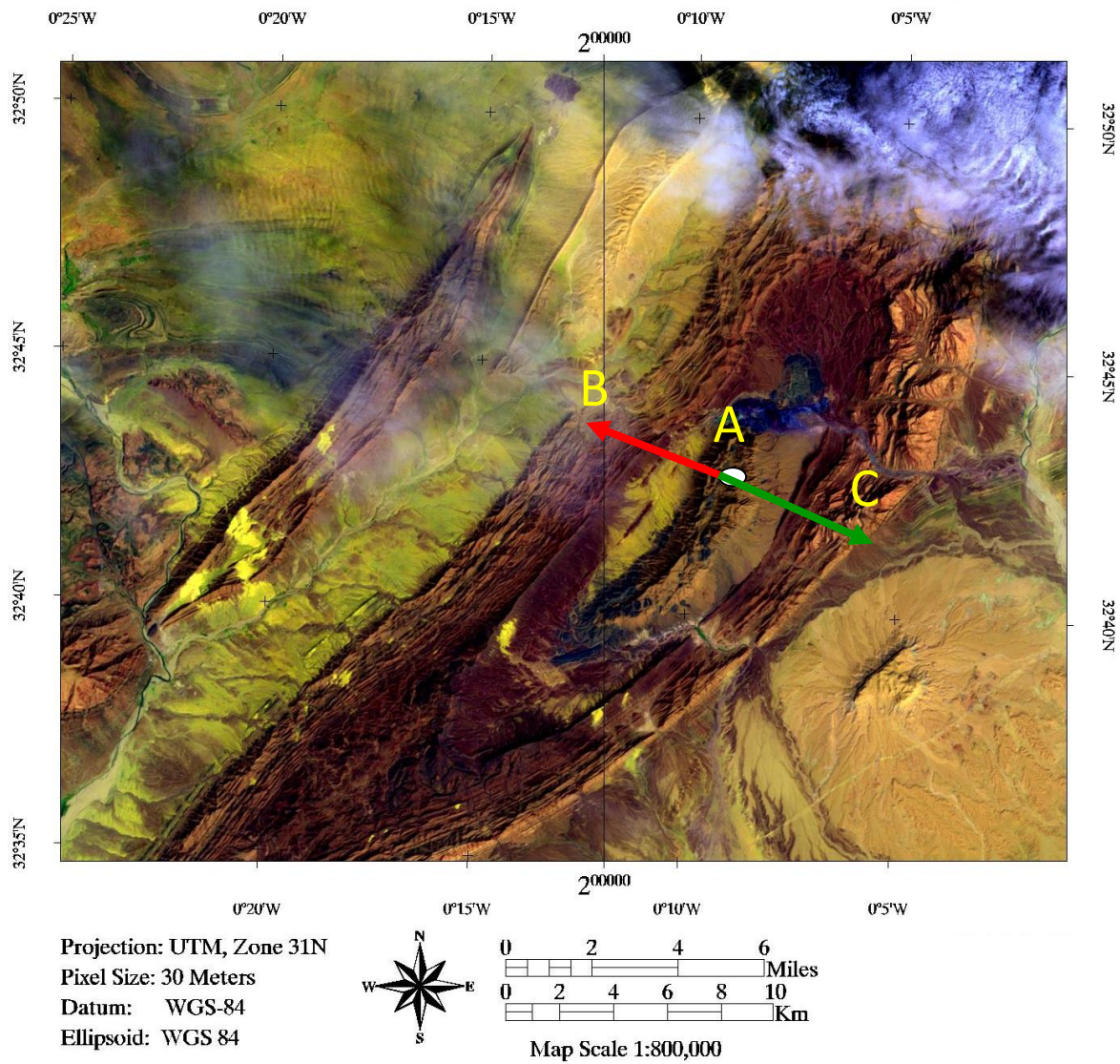
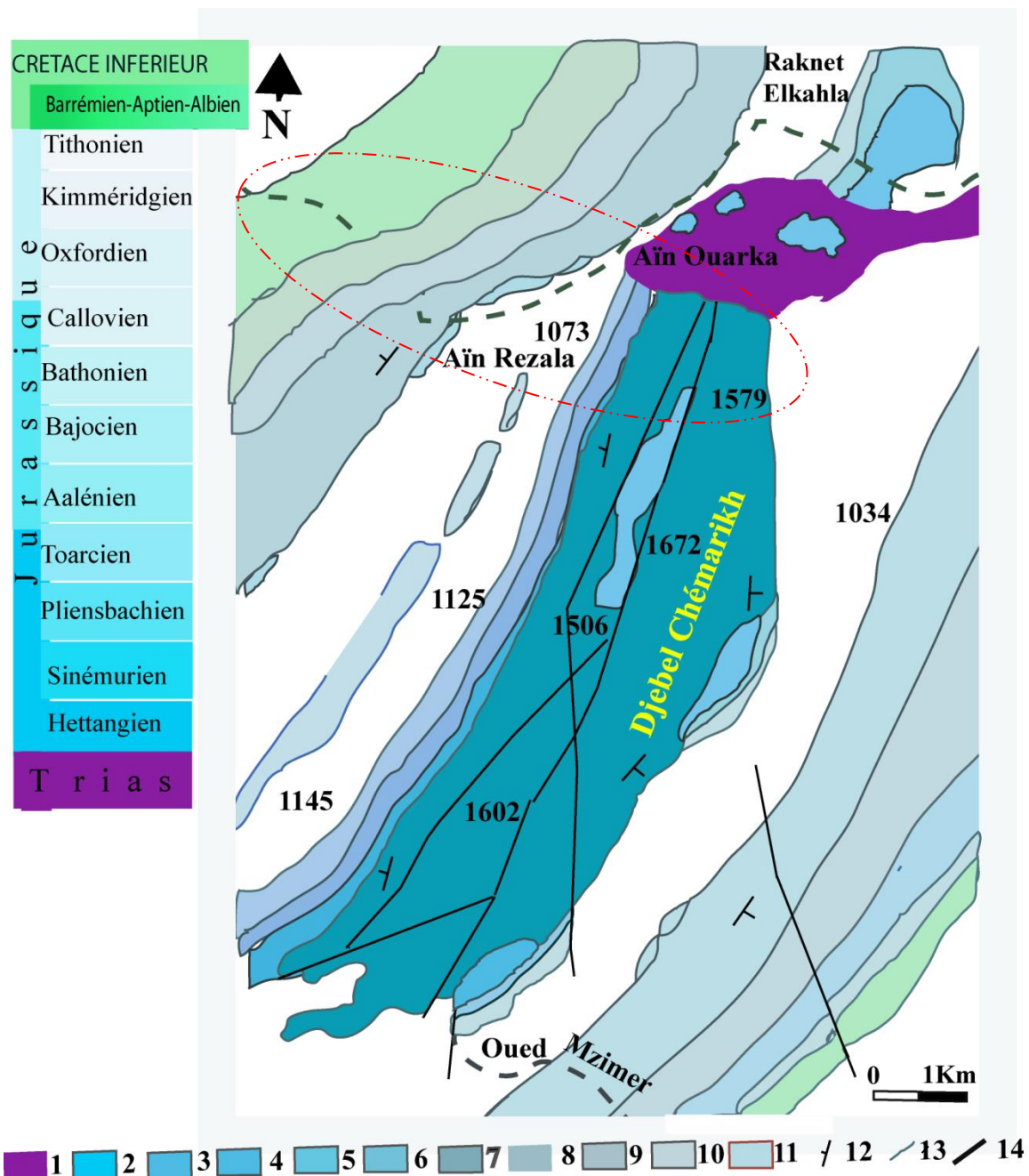


Figure 11 : Tracés des coupes AB (du flanc NW) et AC (du flanc SE) sur image satellitaire multispectrale ETM+ (CC 457).



1- Facies volcano-sédimentaire avec épanchement basaltique (Trias) ; 2- Dolomie de Chémarikh (Hettangien) ; 3- Alternances de Aïn Ouarka (Sinémurien-Domérien) ; 4- Marno-calcaires d'Aïn Rhézala (Toarcien) ; 5- Brèches de la Raknet el Kahla (Aalénien-Bajocien) ; 6- Formation de Teniet El Klakh : (Bajocien supérieur) ; 7- Formation de Tifkirt (sommet du Bajocien supérieur à Bathonien) ; 8 et 9- Formation de Djara et Formation de d'Aïssa (sommet de Dogger et Jurassique sup) : 10- Formation superficielle récente ; 11- Récif du Bajocien sup ; 12- Pendage ; 13- Limite de formation ; 14 -Failles

Figure 12: Carte géologique du secteur de Aïn Ouarka (d'après J.P.Bassoullet, 1973 ; Mekahli, 1995)

1.2 Description :

Cette coupe débute par des couches de direction moyenne de N25° et inclinées vers le NW, avec un pendage fort, 65°NW en moyenne. Elle englobe dix formations lithostratigraphiques, qui sont de bas en haut (fig. 11) :

1.2.1 Les affleurements triasiques :

L'affleurement triasique d'Aïn Ouarka est situé à 50 km à l'Est de Tiout. Ce phénomène diapirique est en relation avec la tectonique, l'extrusion du diapir est à la faveur d'un accident décrochant EW dextre, il est le résultat d'une compression NW-SE à N-S (subméridienne) (Kacemi, 2013).

Ce Trias diapirique est de type germanique (continental). Il est représenté par une formation volcano-sédimentaire : argiles bariolées (Argiles rouges et vertes), (Fig.12) argiles gypsifères, du gypse et du sel sur plus de 50m d'épaisseur. Le tout est recoupé par des coulées basaltiques verdâtres généralement altérées (basaltes tholéitiques), appartenant à la Province Magmatique de l'Atlantique Central (CAMP ; Meddah, 2010). Cette formation est coiffée par une dolomie bleuâtre d'âge infra liasique qui vient sceller cette séquence triasique. Dans le détail ce diapir triasique est associé à une faille coulissante transverse sublatitudinale (N80 à N95). Le Trias affleure dans la terminaison péri anticlinale NE de Djebel Boulerhfad selon une direction presque EW à la structure et recoupe transversalement le cœur du pli.

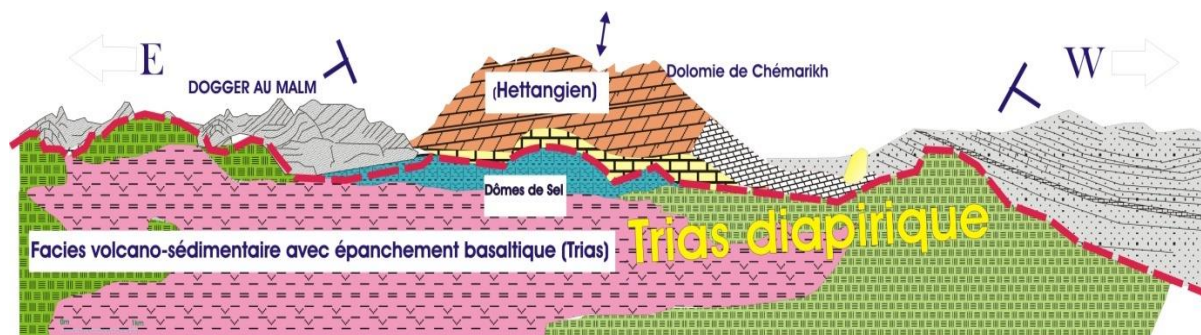


Figure 13: Panorama montrant le Diapir d'Aïn Ouarka

Cette séquence volcano-évaporitique associée au rifting de l'Atlantique central, à la limite Trias-Jurassique correspond à un système de rifts précédant à l'ouverture de l'Atlantique central à la limite Trias-Jurassique (Meddah et al., 2007)

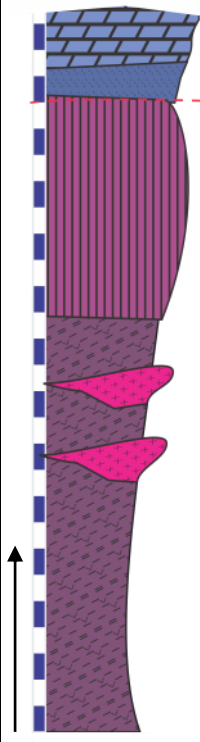
ÉTAGE	FORMATIONS	COLONNE LITHOLOGIQUE	DESCRIPTION SOMMAIRE	SEQUENCE	
				-	+
Trias et passage Trias-Lias (Infralias)	Infra lias Dolomies bleuâtres		Calcaire dolomitique lagunaire, évaporitique Sel Couléés de basaltes verdâtres Argiles bariolées gypsifères de type germanique	séquence transgressive	
	Complexe triasique				

Figure 14 : Séquence triasique du Diapir d'Aïn Ouarka

Ce complexe triasique est d'une épaisseur d'environ 140 mètres, il apparaît en diapir et montre des dépôts sédimentaires constitués d'une sédimentation évaporitique de type lagunaire - Argiles versicolores gypso-salines traversées par des roches volcaniques de couleur verte (basaltes), intercalées par des dolomies noirâtres à structure laminaire-stromatolithique. Le tout constitue une séquence volcano-sédimentaire évaporitique transgressive (Fig.13 et 14).

1.2.2 Le Jurassique inférieur–Jurassique moyen (Dogger) « Le Domaine marin » ;

1.2.2.1 La « Dolomie de Chémarikh » 150m (Hettangien) (fig. 16)

D'âge Hettangien, cette formation a été nommée et datée par Mekahli, 1995 ; elle occupe le cœur de l'anticlinal de Djebel Boulerhfad, et repose par contact anormal sur le complexe volcano-sédimentaire triasique d'Aïn Ouarka. D'une épaisseur d'environ 150 m, dépassant les 200m en quelques endroits (Kacemi, 2013), elle est caractérisée par des faciès de calcaires dolomitiques de couleur mielleuse, présentant un pendage de 45° vers le Nord-Ouest

et une direction de N30°. Elle débute par un banc dolomitique épais et très induré et présente un aspect massif de couleur beige à la patine et grisâtre à la cassure et contient des nodules de calcite et des fragments des fossiles. Il faut signaler la présence de stromatolithes vers la fin de cette formation avec des traces d'ammonites.

1.2.2.2 Les « Alternances d'Aïn Ouarka » 140m

Cette formation, dessine des chevrons plaqués sur la dolomie de Chémarikh (Mekahli, 1995). Elle est d'âge Sinémurien-Domérien. Mekahli (1995) a subdivisé cette formation en sept membres (coupe, fig. 16) ;

- **Le membre a** ; calcaires noirâtres lités à intercalation de marnes.

D'une épaisseur d'environ 30 mètres, elle correspond à des calcaires-intercalés de marnes ; marnes verdâtres feuilletées de faible épaisseur. Les calcaires sont d'épaisseur centimétriques à décimétriques, parfois recoupée par des filons de calcite d'épaisseur métrique (5m). Il s'agit d'un calcaire sublithographique contenant des ammonites de petites tailles à la base et de taille relativement plus grande au sommet et plus nombreuses. Comme il faut noter la présence de bélemnites fusiformes « Rostre » et de lamellibranches.

- **Le membre b** : calcaires sublithographiques grisâtres à trainées rouges, à intercalation de marnes.

D'une épaisseur d'environ 25 mètres. Il s'agit d'une alternance de bancs centimétriques de calcaire de texture micritique avec des niveaux marneux centimétriques, verdâtres, feuilletés. Ces marnes sont alternées par des calcaires d'épaisseur plus ou moins importante, riches en ammonites de tailles variables et de rostres de Bélemnites. Ces calcaires sont de couleurs grisâtres stylolitiques, parfois rougeâtres.

- **Le membre c** : Alternance de marnes et de calcaires a silex.

De 20 mètres d'épaisseur environ, c'est une alternance de calcaires centimétriques à la base puis deviennent décimétriques au sommet avec des niveaux centimétriques de marnes. Ces bancs de calcaire sont bioturbés renfermant des ammonites, des bélemnites, des lamellibranches, des filaments et des nodules de silex.

- **Le membre d** : Alternance de marnes et de calcaires ondulés bioturbés.

D'une épaisseur d'environ 15 mètres. C'est une alternance de bancs décimétriques de calcaires micritique de couleur rougeâtre avec des niveaux centimétriques de marne. Ces calcaires sont ondulés à bioturbation, renfermant des ammonites des bélemnites et des nodules de silex.

- **Le membre e** : Alternance verdâtres de calcaire et de marnes.

L'épaisseur est d'environ 15 mètres. Il s'agit d'une alternance de bancs décimétriques de calcaire micritiques de couleur grisâtre avec des marnes verdâtres qui commencent à prendre de l'ampleur sur les calcaires. Ces derniers sont fracturés en surface et renfermant des ammonites. On note aussi que les bancs de calcaires vers le haut diminuent d'épaisseur et deviennent noirâtres renfermant des géoïdes remplie de calcite.

- **Le membre f** : Alternance violacée de marnes et de calcaires.

Ayant une épaisseur environ de 15 mètres. Il s'agit d'une alternance des bancs noduleux de calcaires avec des niveaux de marnes. Ces calcaires sont bioturbés et riches en ammonites. Ces calcaires ont une couleur violacée, micritiques présentant des diaclases remplis par la calcite. Au sommet de ce membre les calcaires prennent une couleur verdâtre et se présentent en plaquettes feuilletées qui deviennent par la suite massifs. On signale toujours l'abondance des ammonites, la présence de bivalves et des brachiopodes. Ces calcaires sont bioturbés. Ce membre correspond à l'ammonitico-rosso.

- **Le membre g** : Alternance noirâtres de marnes et de calcaires.

D'environ 20 mètres d'épaisseur, il s'agit d'une alternance de bancs calcaire centimétriques qui deviennent plus épais vers le haut de ce membre (décimétriques) avec des niveaux centimétriques de marnes. Les bancs calcaires sont noirâtres à la cassure. Ils sont micritiques et renferment des ammonites. Les niveaux marneux de couleur verdâtre ont un aspect schisteux, sont centimétriques à la base et deviennent métriques.

1.2.2.3 Les « Marno-calcaires de Aïn El Rhézala » (119 m) (Toarcien)

A été définie par Mekahli, 1995, elle est marquée par les affleurements blanchâtres dans la dépression d'Aïn El Rhézala au flanc NW du Chémariikh. Cette formation est caractérisée par une épaisseur variable allant de 65 à 120 mètres, elle est représentée par une alternance de marnes et de calcaires blanchâtres très riches en ammonites, filaments et zoophycos. Elle est d'âge Lias supérieur (Toarcien, début Aalénien) et contient trois membres (fig. 16) ;

- **1^{er} Membre** (33 m) : est caractérisé par du marnes à intercalations calcaires ; calcaire bréchiqque et de marne verdâtre, feuilleté et parfois friable.

- **2^{eme} Membre** (42 m) : Alternance plus ou moins rapprochée de marnes et de calcaires en bancs ondulés (déformés) (Kacemi, 2013). Les marnes sont de couleur blanchâtre et le calcaire couleur rougeâtre à grisâtre à ammonites et très riches en filaments (« posidonomyes », Mekahli, 1995).

- **3^{eme} Membre** (44 m) « Alternance de marnes et de calcaires à Zoophycos » ;

Dans cette partie les bancs de calcaires deviennent grisâtres et rugueux. Ils augmentent d'épaisseur et deviennent décimétriques (parfois métriques) au contraire des marnes qui diminuent de puissance et deviennent centimétriques. Ce niveau a été daté du Toarcien supérieur à partir d'ammonites (Mekahli, 1995)

1.2.2.4 Les « Brèches de la Raknet El Kahla » (190 m) (Aalénien-Bajocien) (Mekahli, 1995)

Elle est caractérisée par l'abondance de brèches, de figures de glissement et de calcaires noirs à aspect schisteux qui renferment parfois des lentilles d'oolithes. Elle est limitée au sommet par les premiers bancs gréseux de Teniet El Klakh, on remarque la présence des fragments d'ammonites (Ermocéras), des brachiopodes des lamellibranches à tests minces. Cette formation de 50 à 95 m d'épaisseur est d'âge Aaléno-Bajocien inférieur.

1.2.2.5 La « Formation de Teniet El Klakh » (690 m) (Bajocien sup.) (Bassoullet 1973, Mekahli, 1995)

Cette formation occupe la dépression contournant le relief de Chémarikh (dépression d'Aïn Rhézala). Elle commence par l'apparition de la première barre de grès, elle est subdivisée en :

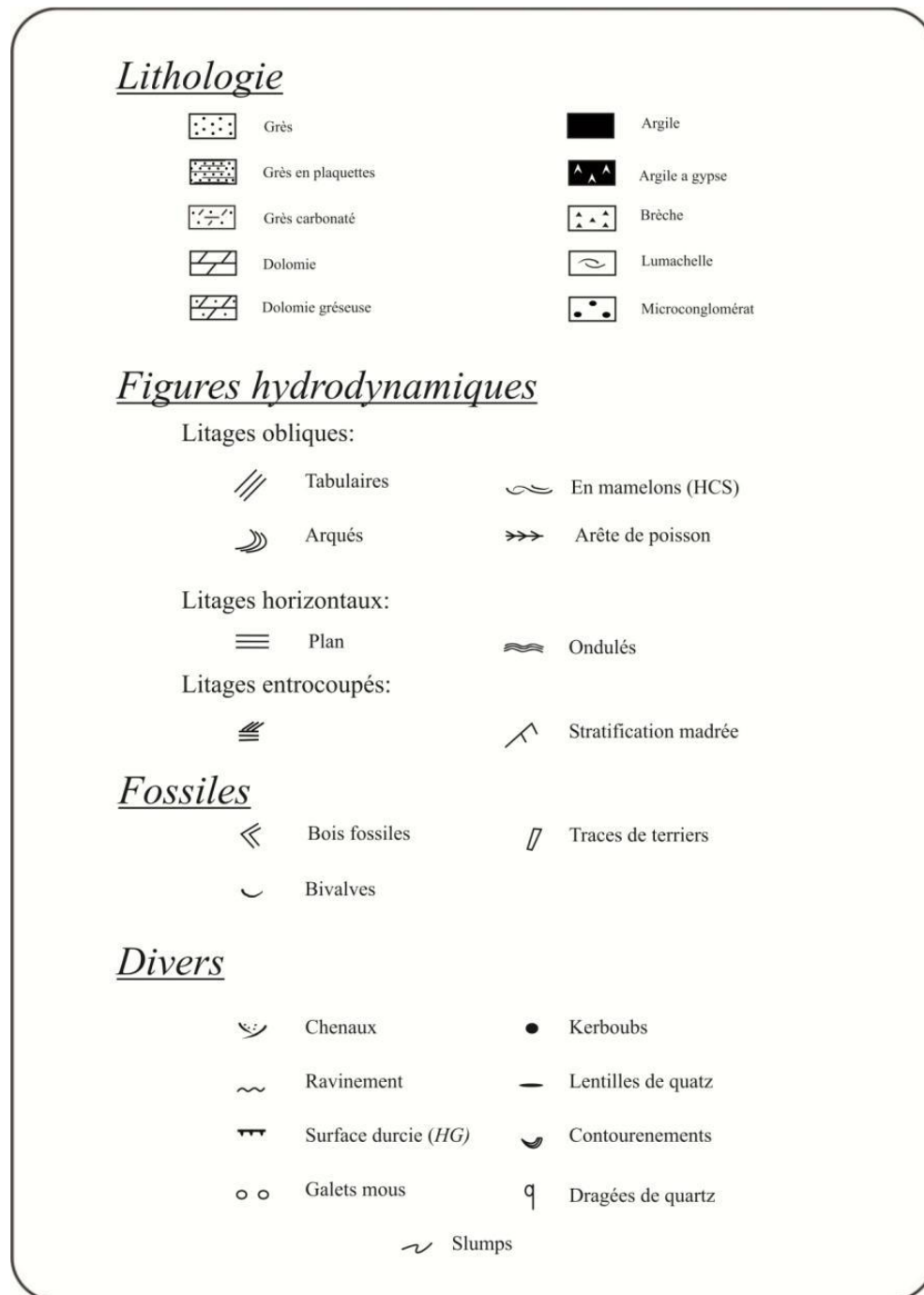
➤ **-Membre inférieur (490 m) :** Alternance argilo-gréseuse, il s'agit de grès noirâtres à la patine et verdâtres à la cassure décimétrique à métriques qui s'alternent avec de petits niveaux centimétriques d'argiles verdâtres. Les premiers bancs de grès sont massifs et peuvent atteindre une épaisseur qui peut aller jusqu'à 3 mètres et se terminent en plaquettes, on note la présence de laminassions. Ce sont des grès de turbiditiques avec des flut-cast à la base et des rides de courant au sommet.

➤ **-Membre supérieur (200 m) :** C'est une alternance argilo-carbonatée. Ce membre montre des bancs décimétriques de calcaires oolithiques à texture sparitique qui alterne avec des niveaux marneux centimétriques.

1.2.2.6 La « Formation de Tigrīt » (300m) (sommet du Bajocien supérieur-Bathonien) (Bassoullet, 1973)

Elle débute par les premiers récifs qui apparaissent et qui correspondent à une barre de calcaires récifaux bleuâtres. Elle se manifeste à la base par une alternance de bancs de calcaires bleuâtres décimétriques oolithiques à texture sparitique avec des niveaux marneux centimétriques sur une épaisseur d'environ 200 mètres. Cette alternance est marquée par la

présence de lamellibranches, échinodermes et des polypiers, bioclastes (tests de bivalves, de gastéropodes, de brachiopodes, des restes d'échinodermes et d'algues).



légende de la lithologie

❖ Coupe lithostratigraphique du flanc NW (Trias-Lias-début Dogger, fig.16) :

1.2.3 Le Jurassique supérieur « Domaine mixte et continental » (fig. 17, Coupe)

1.2.3.1 La « Formation de Djara » (472 m) (Bathonien inférieur à Callovien Oxfordien) (Kacemi, 2005).

Cette formation a été nommée par Bassoulet (1973) relativement à Djebel Djara., cette formation est caractérisée par une alternance de grès et de dolomie à dominance gréseuse en intercalation dans les argiles. Cette formation de 472 mètres est subdivisée en deux membres : un membre inférieur à dominance carbonatée et un autre supérieur à dominance gréseuse (Kacemi, 2013) :

- **Membre inférieur** (242 m) : Elle est caractérisée par une alternance des grès et de dolomie à dominance carbonatée en intercalation dans les argiles, surmontée par des barres gréseuses. Ce membre débute par un banc de dolomie lumachelliques de 1,5 m d'épaisseur de couleur marron et parfois jaunâtre à mielleuse intercalée dans les argiles, ensuite apparaît le premier banc de grès clair à la patine et de couleur blanchâtre à la cassure. Ensuite apparaît une brèche de faille d'un mètre (1 m) d'épaisseur.

- **Membre supérieur** (232m) : il est caractérisé par une alternance des grès et de dolomie à dominance gréseuse en intercalation dans les argiles ; le grès deviennent très importants vers le sommet (1m à 8m). Ils sont massifs ou en plaquettes parfois chenalisés, de couleur rouille oxydée à grains moyens à fins et bien classés riches en figures hydrodynamiques telles que les stratifications planes, entrecoupes, mamelonnées (HCS) et en arêtes de poisson. Ils sont riches en traces des terriers et de bois silicifiés.

1.2.3.2 La « Formation d'Aïssa » (622m) (Kimmeridgien-Porthlandien) ;

Elle a été définie par Bassoulet (1973) relativement à « Djebel Aïssa ». C'est la continuité de la « Formation de Djara ». Le passage de la « Formation de Djara » à la « Formation de Aïssa » n'est pas net sur le terrain (Kacemi, 2005). De 622m d'épaisseur, elle est représentée par des faciès essentiellement gréso-argileux. Le passage à la « Formation d'Aïssa » est marqué uniquement par la disparition de la dolomie et une discontinuité (HG au sommet des grès-parfois en plaquettes au sommet où la surface supérieure est ferrugineuse (*hard grounds*)). marquant la fin d'une séquence régressive (argiles-grès). La limite supérieure est beaucoup plus nette, elle est caractérisée par la disparition des gros bancs de grès et l'apparition des argiles et de la dolomie. Elle est subdivisée en deux membres :

- **Le membre inférieur** : (membre des alternances espacées) (210m)

Ce membre est généralement caractérisé par une alternance espacée ; d'argiles silteuses de couleur verdâtre peu de dolomie et de grès. Ces argiles sont parfois intercalées par des grès en plaquettes à grains fins de couleur blanchâtre. A la base, ce membre débute par des argiles rougeâtres de 30m d'épaisseur en alternance avec des dolomies centimétriques avec des grès massifs et en plaquettes de couleur blanchâtre de 25 m d'épaisseur. Ils possèdent des stratifications horizontales (planes et ondulées) ou entrecoupées, des litages mamelonnés (HCS) et en arêtes de poisson.

Ce membre est caractérisé par l'alternance dolomitique très espacés. la dolomies sont centimétriques (15 cm à 65 cm), de couleur marron claire à la patine et grisâtre à la cassure, sa surface supérieure est marquée par des rides de courant et la présence de litages obliques, obliques mamelonnés, entrecoupés et parfois madrés et à fentes de dessiccation à leur sommet.

Au milieu du membre inférieur on note la présence de grès massifs (2m à 5m d'épaisseur) de couleur de couleur rougeâtre à la patine et à la cassure à grains fins et à ciment argileux moyennement friables stratocroissants parfois noirâtre à la patine (patine du désert) et jaune blanchâtre à la cassure à litage mamelonné (HCS) claire, à grains fins à moyens. Ils se présentent en bancs de grès massifs parfois chenalisés et en plaquettes riches en figures hydrodynamiques qui peuvent atteindre plus de 12m d'épaisseur. Ces grès se terminent par une surface durcie (*hard grounds*).

Au sommet de ce membre inférieur, les argiles deviennent de couleur verdâtre avec une épaisseur importante, intercalée par des petits bancs de grès verdâtres de 40cm d'épaisseur environ.

- **Le membre supérieur (333 m) :** Alternance rapprochée ;

Cette alternance est caractérisée par la présence de grandes barres gréseuses d'une épaisseur 60 mètres intercalées par de fines passées argileuses. Ces grès sont généralement de couleur rosâtre et sont riches en galets de quartz.

1.2.3.3 La « Formation de Tiloula » (500m) (passage Jurassique-Crétacé : Tithonien-Néocomien)

Cette formation a été définie pour la première fois par BASSOULLET en 1973, au niveau de la source de Tiloula (située sur le flanc SE de Djebel Aïssa) (Kacemi, 2005). Elle est représentée par des faciès silico-clastiques continentaux et des faciès carbonatés marins ; des

alternances de grès fins blanchâtres et de dolomie de faible épaisseur qui passe à des grès strato-grano-croissant. Le passage Jurassique-Crétacé (Tithonien-Néocomien) s'effectuerait au sein de cette formation. Cette formation a été subdivisée en deux membres (Kacemi, 2005) :

-Le membre inférieur (280m) ; ce membre est matérialisé par l'apparition des argiles de couleur lie-de-vin ou verdâtre affleurant en combes, en alternances avec de la dolomie en petits bancs centimétriques à décimétriques sur une trentaine de mètres d'épaisseur intercalées par des grès en plaquettes de faibles épaisseurs centimétrique grains fins de couleur blanchâtre dont la surface supérieure est marquée par des rides de courant.

-Le membre supérieur (220m) ; ce membre est représenté par des alternances de grès et d'argiles et de rares petits bancs de dolomies lumachelliques de couleur jaunâtre, à dominance gréseuse. Les grès sont en plaquettes d'épaisseur métrique (4m à 10m) de couleur blanchâtre à la cassure et à grains fins à moyens à « flaser bedding », contient de la minéralisation cuprifère (la malachite) ce sont les « grès de Tiloula » (Kacemi, 2013). Ces grès sont en alternance avec des argiles rougeâtres de faible épaisseur centimétrique (80cm). Se termine par un banc de grès (12m) massifs et en plaquettes à surface supérieure ferrugineuse (*hard grounds*) de couleur claire et marron à la cassure à grains moyens et est caractérisé par des figures sédimentaires.

1.2.4 Le Crétacé inférieur (fig. 17 ; Coupe) ;

1.2.4.1 La « Formation de Tiout » (1065m) :

Elle est d'âge (Barrémien Aptien Albién) et d'une épaisseur de 1065m à Tiout (Kacemi, 2005). Cette partie est représentée par des grès massifs chenalisés à grains moyens à grossiers, à dragées de quartz à stratifications entrecroisées et à base ravinante marquant une discontinuité de ravinement bien nette entre la « Formation de Tiloula » et la « Formation de Tiout » qui montre le passage entre les deux formations.

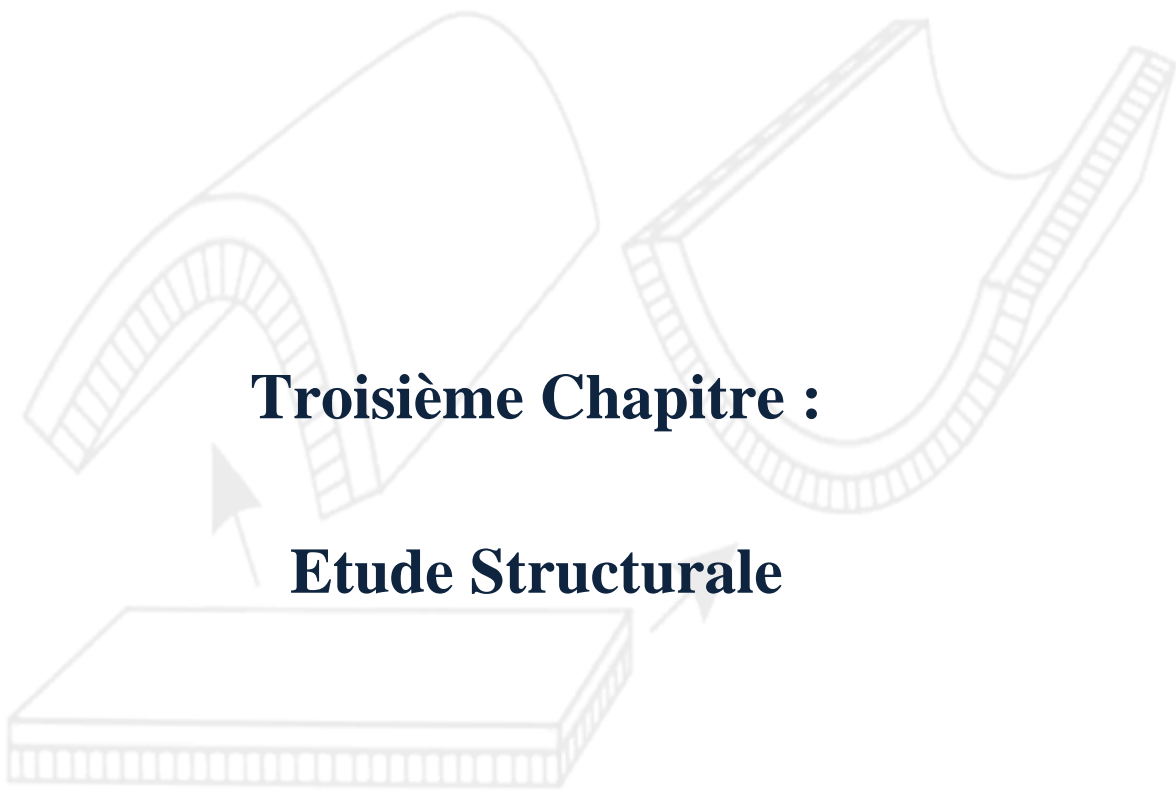
Ces grès de 20m à 35m d'épaisseur sont de couleur rosâtre ou rougeâtre, à dragées de quartz dont le diamètre varie de 0,5 cm à plus 2 cm, à grains moyens à grossiers, et sont surmontés par des argiles de couleur rougeâtre (15m). Cette suite grès-argile se répète sur plus de 60m dans cette partie du membre inférieure, la différence se situe généralement dans les épaisseurs des grès et des argiles. Il s'agit de séquences fluviales qui se répètent. Cette formation a été subdivisée en trois membres (Kacemi, 2005) :

- **Membre inférieur** ; (grès inférieur de Tiout) (113m) : constitué généralement de grès

rosâtres à rougeâtres à dragées de quartz.

- **Membre médian** ; (alternance argilo-gréseuses) (794m) : Il est constitué d'une alternance d'argiles et de grès.
- **Membre supérieur** ; (159m) : C'est le membre des grès supérieur de Tiout.

❖ **Coupe lithostratigraphique du flanc NW (Dogger- Crétacé inférieur, fig. 17)**



Troisième Chapitre :

Etude Structurale

Troisième Chapitre : Etude Structurale

Introduction :

L'étude structurale concerne Djebel Boulerhfad. Il s'agit d'un grand anticlinal orienté SW-NE, caractérisé par un pendage variable des couches (moyen à très fort) le long des deux flancs et un relief très accidenté (fig. 12 et 24).

L'analyse structurale intéresse la partie Nord Est de Djebel Boulerhfad (ou la terminaison péri anticlinale NE de Djebel Boulerhfad).

La première partie vise la tectonique souple ou plicative. Elle concerne la géométrie du pli et ses propriétés. Elle s'est basée sur les mesures des attitudes des couches (valeurs des directions et pendages des couches pour les deux flancs). Pour entamer cette étude, nous avons procédé par flanc en commençant par le sommet de Chémarikh pour chaque flanc.

Une deuxième partie de l'étude structurale concerne la tectonique cassante. Elle s'est basée sur les mesures de directions et de pendages des plans de failles, les mesures des pitch, des azimuts et des plongements des stries et enfin une analyse des autres tectoglyphes qui sont perpendiculaires aux stries afin de déterminer le sens des mouvements (dextre ou senestre pour les décrochements et normale ou inverse pour les failles).

Enfin une troisième partie concernant l'étude de la fracturation, où, on s'est contenté de mesurer les directions des diaclases (linéaments) pour une étude statistique.

I. Géométrie du pli (ou propriétés du pli)

Le relevé de la position spatiale des plans de stratification permet de préciser la géométrie globale du pli (Djebel Boulherfad) présentée sur la carte photogéologique (fig. 18).

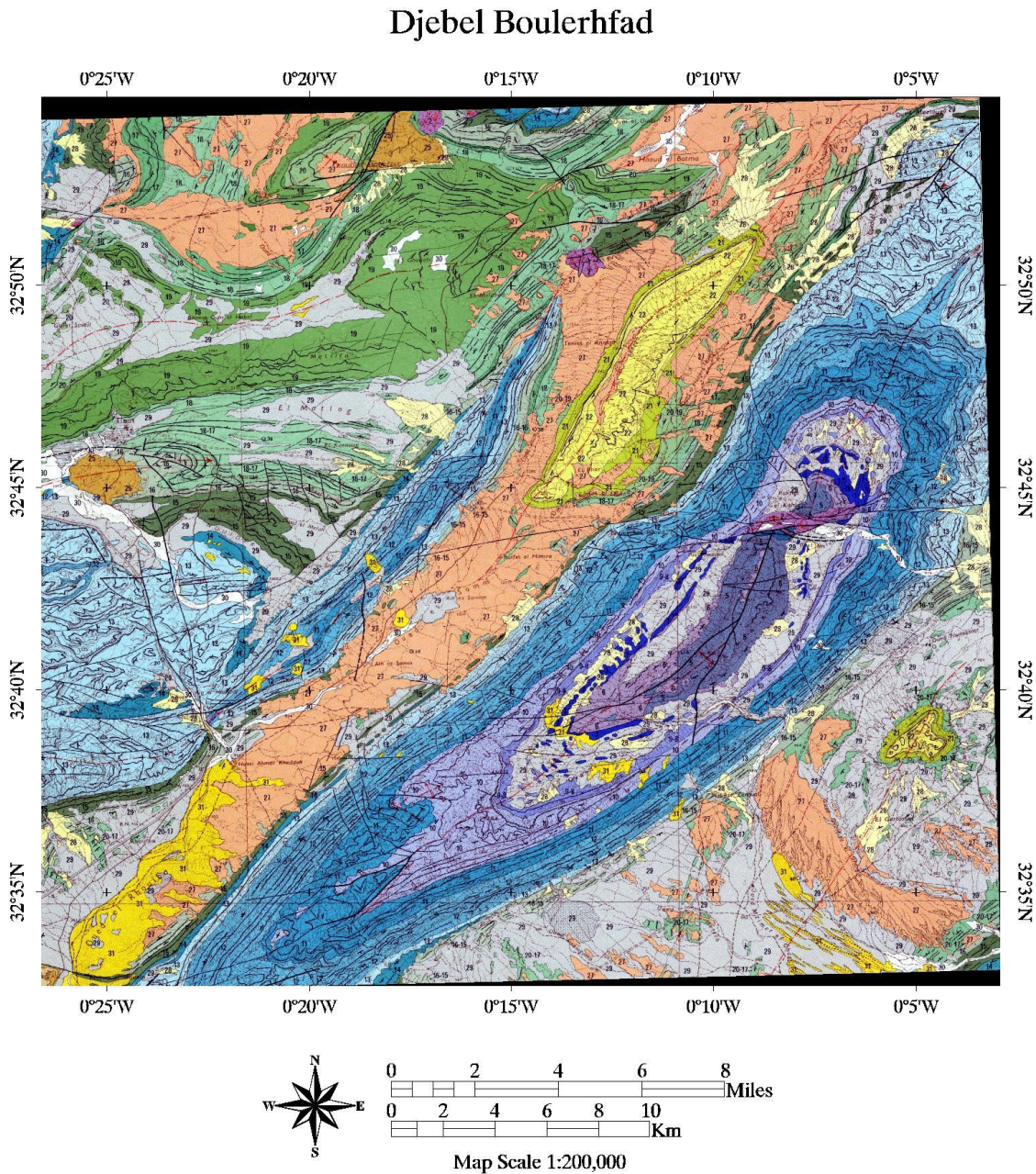


Figure 18 : Morceau de carte photogéologique de Djebel Boulherfad (grande structure anticlinale à droite à cœur triasique) issue de la carte photogéologique au 1/100.000^{ème} d'Aïn Séfra (D. Galmier, 1971) traitée par le logiciel ENVI 4.5

(Voir légende fig. 8, 1^{er} chapitre)

Pour déterminer les caractères structuraux de l'anticlinal étudié, nous avons pris les mesures des attitudes (direction et de pendage) des couches des deux flancs SE et NW de Djebel Boulherfad et de la charnière qui constitue la voûte de Djebel Chémariikh (cœur de l'anticlinal) (fig. 19 et 20).

L'itinéraire pris pour prendre les mesures structurales est identique à celui qu'on a pris pour la coupe lithologique, c'est-à-dire on a traversé transversalement Djebel Boulherfad.



Figure 19 : : L'itinéraire suivi pour prendre les mesures structurales sur image Google Earth

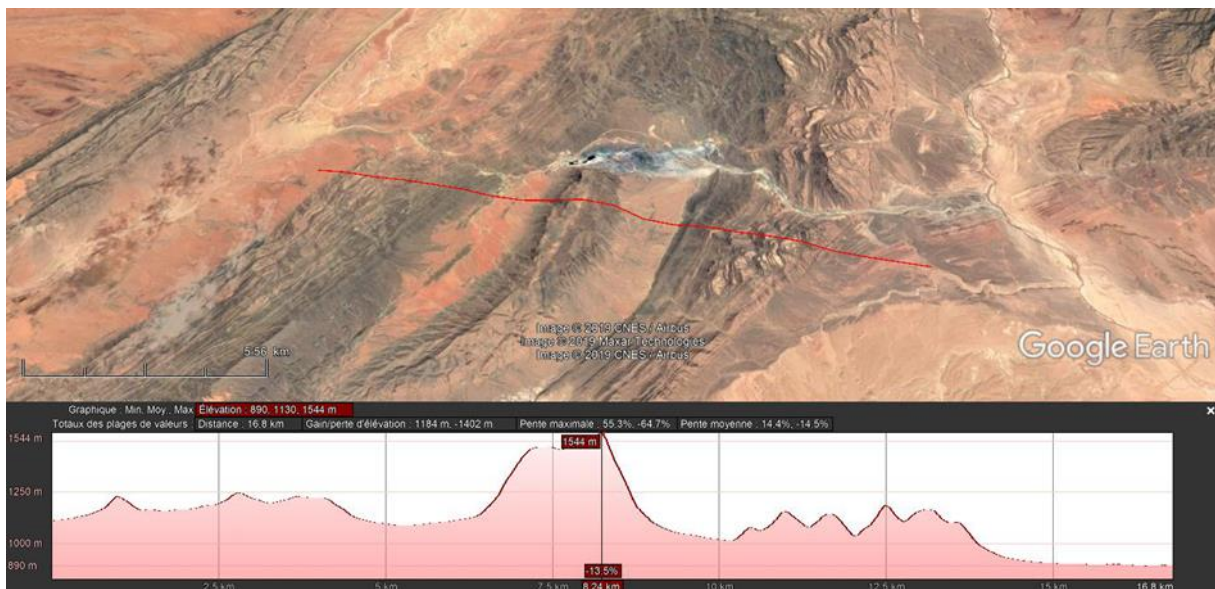


Figure 20 : Le profil de l'itinéraire pris pour prendre les mesures structurales sur image Google Earth

Par la suite on a porté les valeurs sur canevas de Schmidt (hémisphère inférieur Tableau 1, fig. 21) afin de les traiter par projection stéréographique. Ce travail permettra de déterminer ; l'axe du pli, le plan axial et enfin le type du pli. Pour les projections nous allons utiliser le logiciel *Stereo32*.

		Azimut	Dip/Plunge	Flanc	Azimut	Dip/Plunge	Flanc
A	S01	N25	70	NW	N30	65	SE
	S02	30	75	NW	40	75	SE
	S03	25	60	NW	35	60	SE
	S04	20	75	NW	30	75	SE
	S05	35	60	NW	25	80	SE
	S06	30	65	NW	35	75	SE
B	S07	20	65	NW	35	80	SE
	S08	25	65	NW	21	75	SE
	S09	20	60	NW	30	65	SE
	S10	25	65	NW	24	60	SE
	S11	25	65	NW	25	65	SE
C	S12	30	70	NW	25	75	SE
	S13	36	65	NW	25	60	SE
D	S14	30	55	NW	25	65	SE
	S15	30	60	NW	21	55	SE
	S16	10	60	NW	30	50	SE
E	S17	45	100	NW	24	60	SE
	S18	45	89	NW	30	85	SE
	S19	45	85	NW	35	90	SE
	S20	50	75	NW	50	80	SE
	S21	50	75	NW	55	85	SE
F	S22	55	80	NW	45	80	SE
	S23	55	85	NW	50	85	SE
	S24	55	80	NW	30	80	SE
	S25	50	89	NW	10	90	SE
G	S26	53	80	NW	36	85	SE
	S27	50	89	NW	40	80	SE
	S28	50	60	NW	45	60	SE
	S29	54	55	NW	48	55	SE
	S30	55	60	NW	55	60	SE
H	S31	60	70	NW	60	60	SE
	S32	65	60	NW	60	55	SE

Tableau 1: Directions et pendages des couches de la structure (flancs NW et SE de Djebel Boulherfad).

A : direction des couches Formation de Chémarikh

B : direction des couches Formation de Aïn Ouarka

C : direction des couches Marno-calcaires d'Aïn Rhézala a Formation de Teniet El Klakh

D : direction des couches Formation de Tifkirt

E : direction des couches de la Formation de Djara
 F : direction des couches de la Formation d'Aïssa.
 G : direction des couches de la Formation de Tiloula.
 H : direction des couches de La Formation de Tiout.

Nb : à partir des couches de la « formation de Djara », les couches commencent à se déverser (les valeurs des pendages des couches des flancs SE et NW dépassent les 100° et direction sont supérieurs à 50°).

1. Projection de l'axe du pli :

La construction d'un axe de pli se fait par la projection des pôles des couches qui se mettent en zones sur un même grand cercle (fig. 21 et 22). Ce dernier est représenté par le grand diamètre Nord Sud du canevas dont l'axe lui est perpendiculaire.

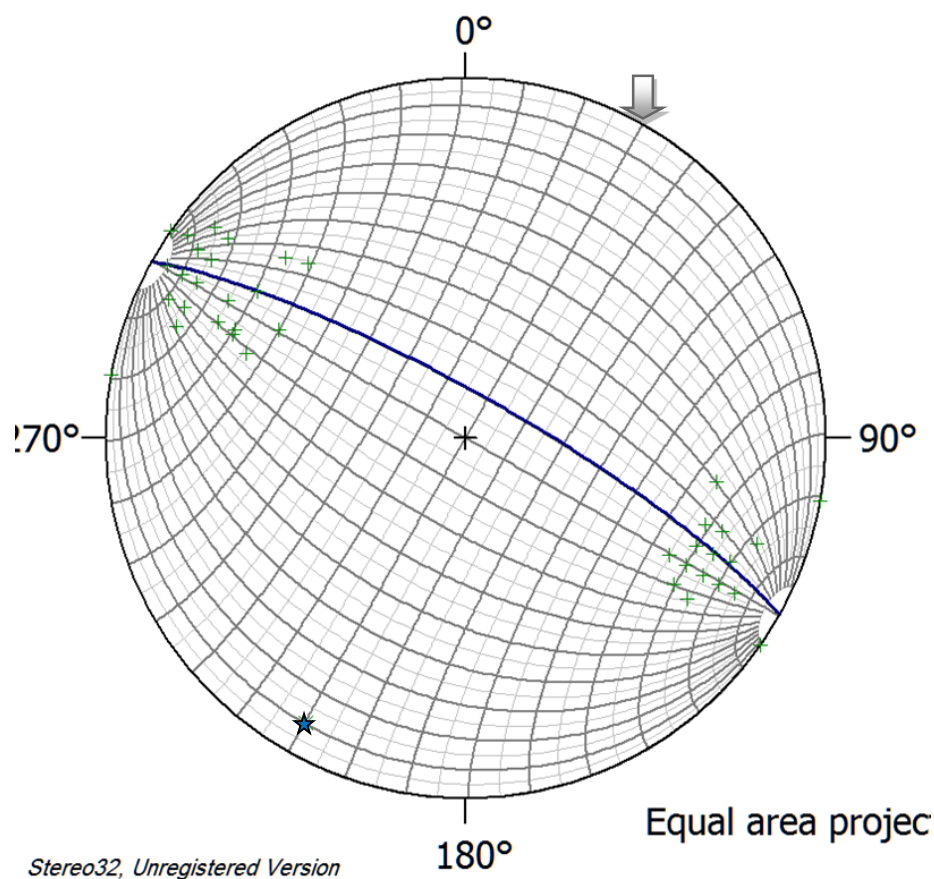


Figure 21: Projection des pôles des plans des des couches (Directions et pendages des couches) de la structure de Djebel Boulrhfad

La distribution des attitudes des couches de la partie septentrionale de Djebel Boulrhfad sur canevas de Schmidt montre l'existence d'un pli à axe plongeant vers le NE (fig. 19). La valeur de l'azimut de cet axe est $N 30^\circ$ et celle du plongement est 10° vers le NE.

2. Nature du pli :

Pour déterminer le type de ce pli, il faut construire le plan axial (fig. 22). La construction stéréographique permet de déterminer la position du plan axial, en supposant que le plan axial et le plan bissecteur sont peut différents, car on a affaire à des plis isopaques. Une condition nécessaire pour que la construction soit rigoureuse est la connaissance des pendages limites des deux flancs du pli.

La démarche est la suivante :

- Construire le pôle des couches ;
- Construire l'axe du pli ;
- Localiser sur la zone correspondante le point équidistant aux couches extrêmes ;
- Rechercher le grand cercle qui contient à la fois ce point et l'axe du pli. Ce grand cercle est voisin de la trace cyclographique du plan axial du pli.

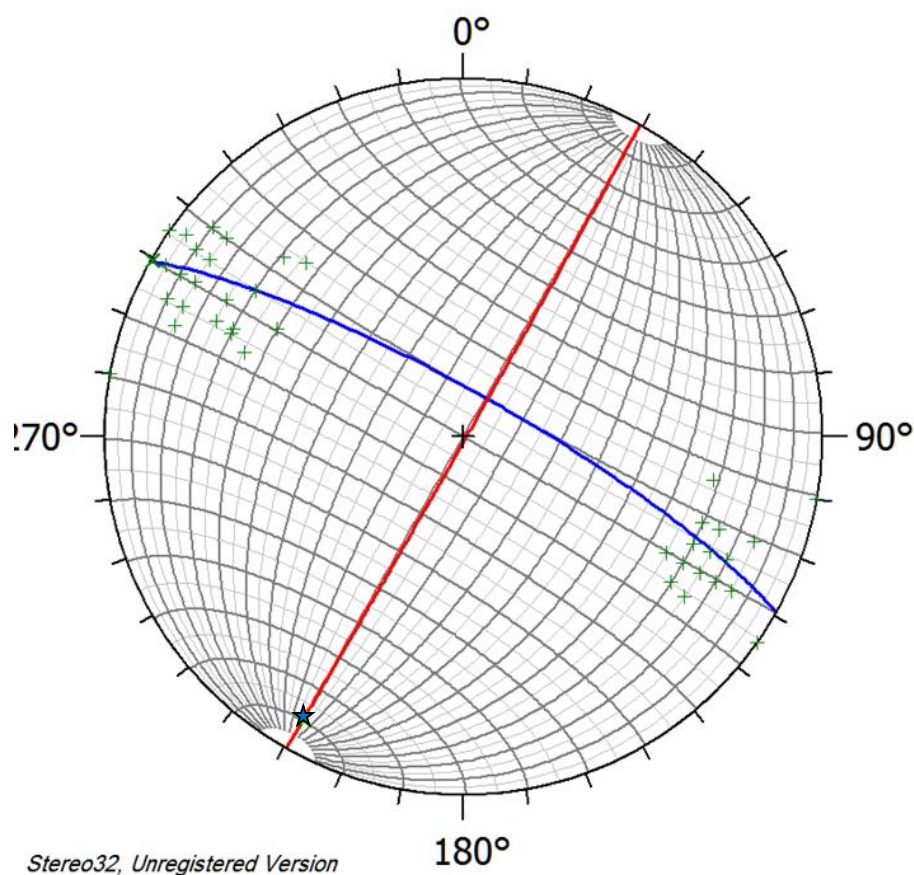


Figure 22: Construction du plan axial de la partie NE de Djebel Boulherfad

La Projection des pôles de la partie Nord de la structure de Djebel Boulherfad correspond à un pli possédant un plan axial d'attitude $N30^{\circ}90^{\circ}$. La direction est la même que celle de l'axe de pli et le pendage est presque vertical.

3. Nature du pli et conclusion :

A partir du diagramme de FLEUTY (1964) (Fig. 23), la structure étudiée peut être classée en un pli droit de direction Nord 30°, à axe plongeant de 10° vers le NE (presque horizontal).

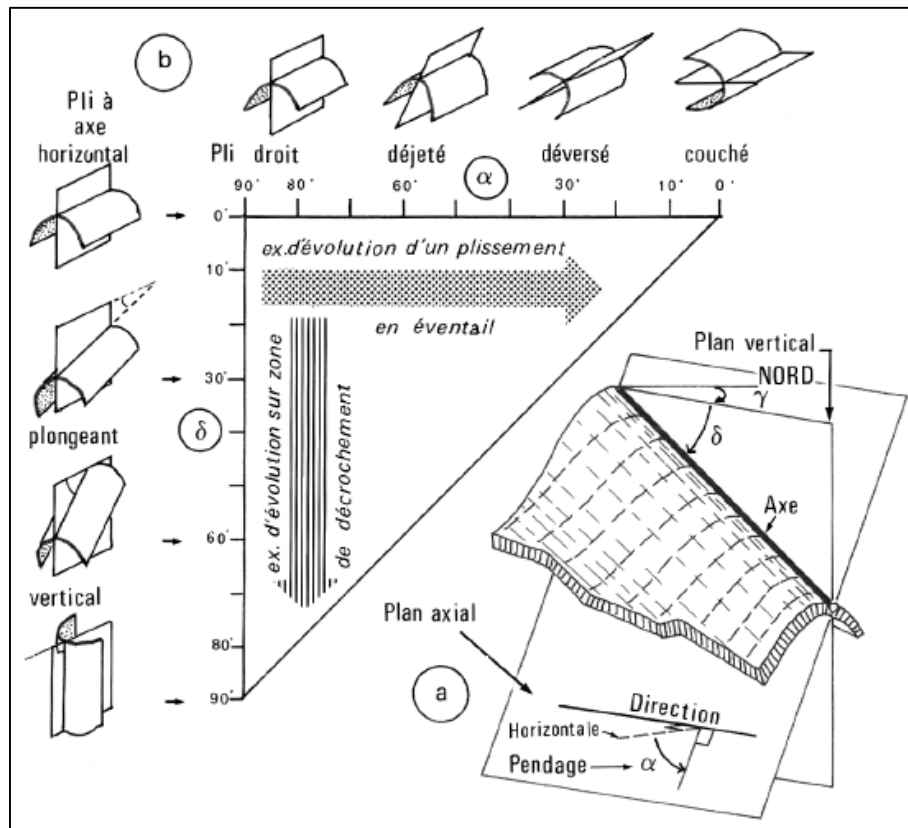


Figure 23 : Diagramme de Fleuty (1964), représentant les plis en fonction du plongement de l'axe (δ) et du pendage du plan axial (α)

Dans son ensemble l'anticlinal de Djebel Boulterhad correspond à un pli cylindrique droit à axe presque horizontal (plongeant de moins de 10° vers le NE) dans sa partie périanticlinale NE.

Il faut mentionner que les valeurs des pendages des couches des flancs SE et NW sont supérieurs à 50° et dépassent les 100° dans la partie centrale et la partie sud de la structure (fig. 21 et tableau 1).

Dans le flanc occidental du pli, les couches se redressent de plus en plus depuis le centre du pli vers sa périphérie. L'enveloppe externe constituée par les grès de la Formation d'Aïssa est déversée vers le NW (pendage vers le SE). Les traces de la voûte en buttes témoins en plusieurs endroits, nous permettent d'apercevoir localement la géométrie du pli.

Dans l'ensemble il s'agit d'un anticlinal à flancs assez pentés parfois subverticaux à verticaux et parfois à flancs déversés, surtout dans l'extrados (voir traits rouges figure 24).

Enfin les observations de terrain nous mettent en présence d'un pli qui apparait coffré, surtout dans sa partie centrale, à flancs assez pentés parfois subverticaux à verticaux et parfois à flancs déversés, surtout dans l'extrados, à partir de la « formation de Djara » (voir traits rouges figure 24 et 25) et, une voûte plate subhorizontale.

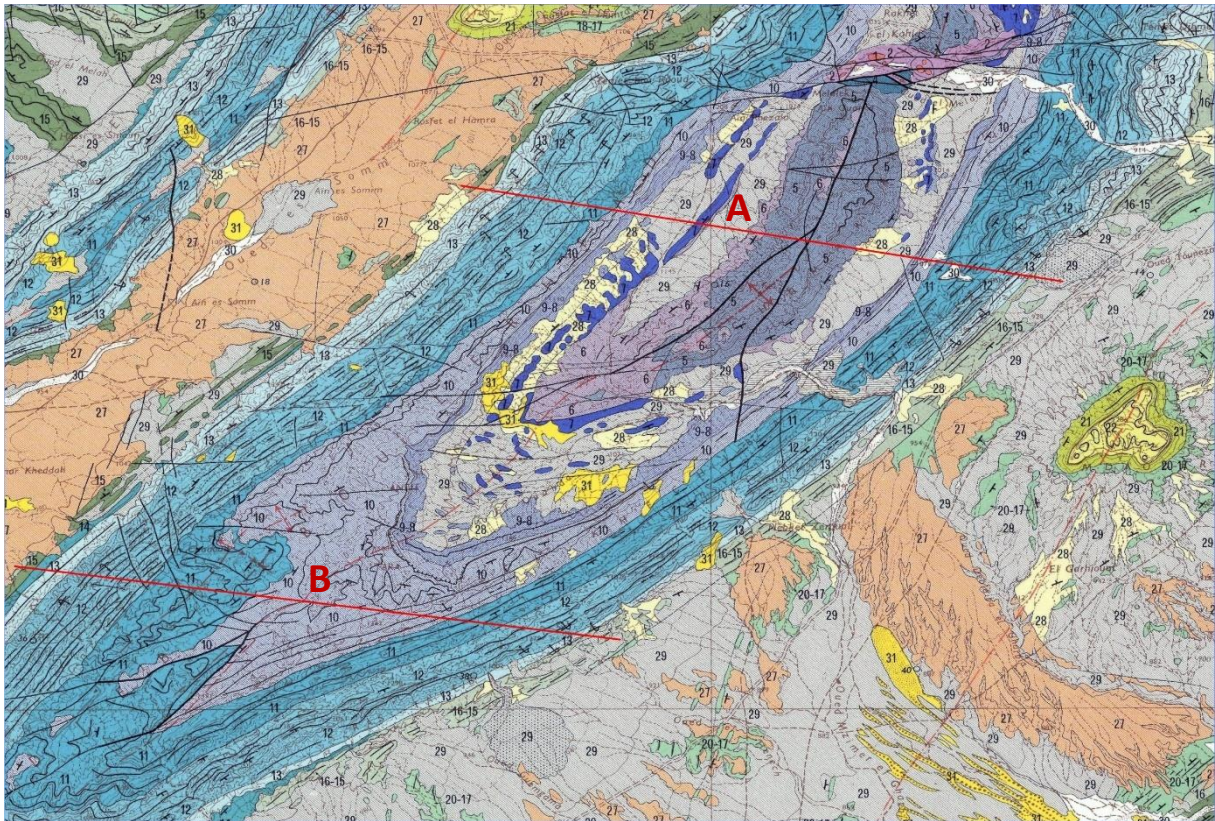
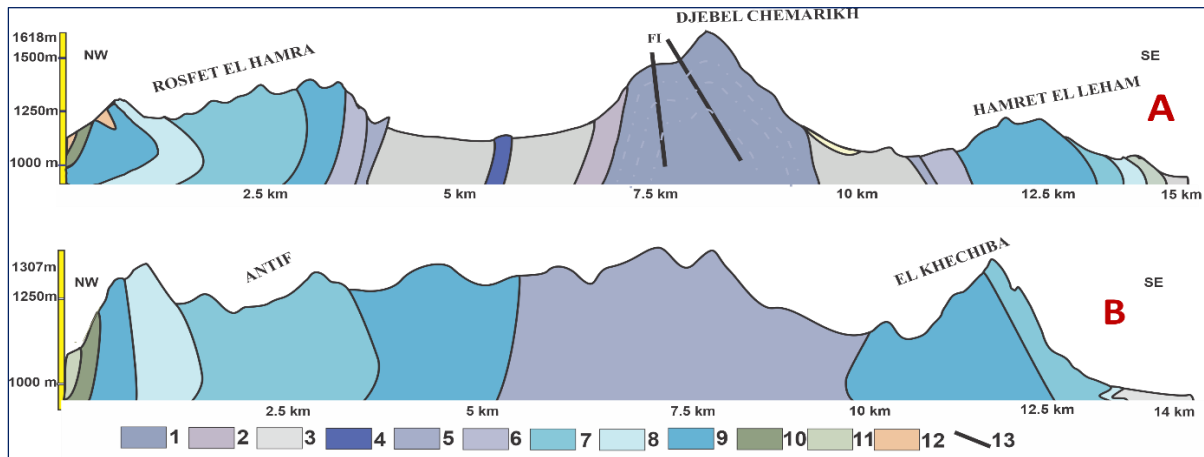


Figure 24 : Djebel Boulrhfad ; les deux traits rouges : niveaux où les flancs sont déversés : zone centrale sur 15 km de long et la zone sud sur 14 km de long



Légende :

1-Dolomie de Chémariikh (Hettangien) ; 2-Alternances de Aïn Ouarka (Sinémurien Domérien) ; 3-Marno-calcaire d'Aïn Rhézala (Toarcien) ; 4-Brèches de la Raknet el Kahla (Aalénien-Bajocien) ; 5-Formation de Teniet El Klakh (Bajocien supérieur) ; 6-Formation de Tifkirt (sommet du Bajocien supérieur à Bathonien) ; 7-Formation de Djara (Dogger Début Jurassique) ; 8-Formation d'Aïssa (Jurassique sup) ; 9-Formation Tiloula (passage Jurassique-Crétacé) ; 10-Formation de Tiout (Crétacé inférieur) ; - 11 et 12 Formation superficielle récente (Tertiaire au Quaternaire) ; 13-faille.

Figure 25 : coupes géologiques de la partie N et S de Jebel Boulherfad

II. Déformations

De nombreux indices tectoniques témoignent de la déformation de la structure. Certains indices sont avant le plissement d'autres après le plissement.

1. Microstructures et accidents mineurs

1.1 Mouvements couche-à-couche

Il est important de signaler des glissements couche-à-couche importants qui affectent les deux flancs de la structure. Ils s'enregistrent de façon différente dans les niveaux calcaires et les niveaux gréseux d'une part et, dans les alternances de marnes et de marno-calcaires et argileux et argilo-gréseux d'autre part.

Dans les niveaux calcaires (Limite « Dolomie de Chémariikh » et « Alternances d'Aïn Ouarka »), les mouvements couche à couche affectent essentiellement les minces interlits marneux séparant les bancs calcaires relativement plus épais.

Dans les niveaux gréseux (formations à partir du Jurassique moyen ; à partir de la formation de Djara), les mouvements couche à couche affectent essentiellement les minces interlits argileux séparant les bancs gréseux relativement plus épais (fig. 24).

Dans les deux cas les stries de glissement sont alors nettes et bien développées.

Dans les alternances de niveaux marneux et marno calcaires les mouvements couche-à-couche ne sont plus localisés uniquement aux interbanes, mais affectent l'ensemble du banc marneux. Ils se traduisent alors par des striations frustrées (relief rude, grossier, surface rugueuse) et provoquent la formation d'un débit oblique très fin donnant l'aspect d'une « schistosité de fracture » (ou « aspect schistifié ») (F. de la Brèche de la Raknet El Kahla).

Dans les alternances argilo-gréseuses (formation de Djara, de Aïssa, de Tiloula etc.), les mouvements couche-à-couche affectent la totalité du banc argileux et donnant cet aspect schistifié.

Les déformations dues à ces mouvements d'une couche à une autre couche sont causées par le plissement.

1.2 Failles mineures et stries de glissement

Des mesures des attitudes des plans de failles et des stries de glissement ont été prises aux niveaux des calcaires et des grès dans différentes formations depuis la « Dolomie de Chémarikh » d'âge Hettangien (cœur de l'anticlinal) tout au long de l'itinéraire (fig. 25) jusqu'à la « Formation de Tiout » d'âge Barrémien Aptien Albien dans les deux flancs NW et SE.

1.2.1 Dans le flanc NW

Dix (10) mesures d'azimut de stries ainsi que leurs plans porteurs ont été prises pour l'étude de quelques accidents mineurs. Elles sont représentées dans le tableau suivant (tableau N° 2).

Plans des failles		Attitudes des stries		Nature de l'accident	Noms des Formations
Direction	Pendage	Azimut	Plongement		
N 35°	85°NW	N 20°	70NE	Faille	Aïn Rhézala (noirs tirets)
N 35°	85°NW	N 30°	44NE	Décrochement	Ain Rhézala (noirs tirets)
N 130°	60° NE	N 124	10SE	décrochement	Raknet el Kahla (bleu)
N 32°	10° SE	N70	6NE	Faille	Tifkirt (vert)
N 170°	65° W	N60°	64SW	Faille	Djara (rouge)
N 145°	05° NE	N20°	4NE	Faille décrochante	Djara (rouge)
N30°	45°NW	N25°	5NE	Décrochement	Djara (rouge)
N 55°	20° NW	N 105°	16NW	Faille	Aïssa (magenta)
N150°	85°SW	N145°	42NW	Décrochement	Tiout (noir)
N145°	65°SW	N 30°	62SW	Faille	Tiout (noir)

Tableau 2: Valeurs des attitudes des plans porteurs (plans de faille), des stries et natures des accidents du flanc NW

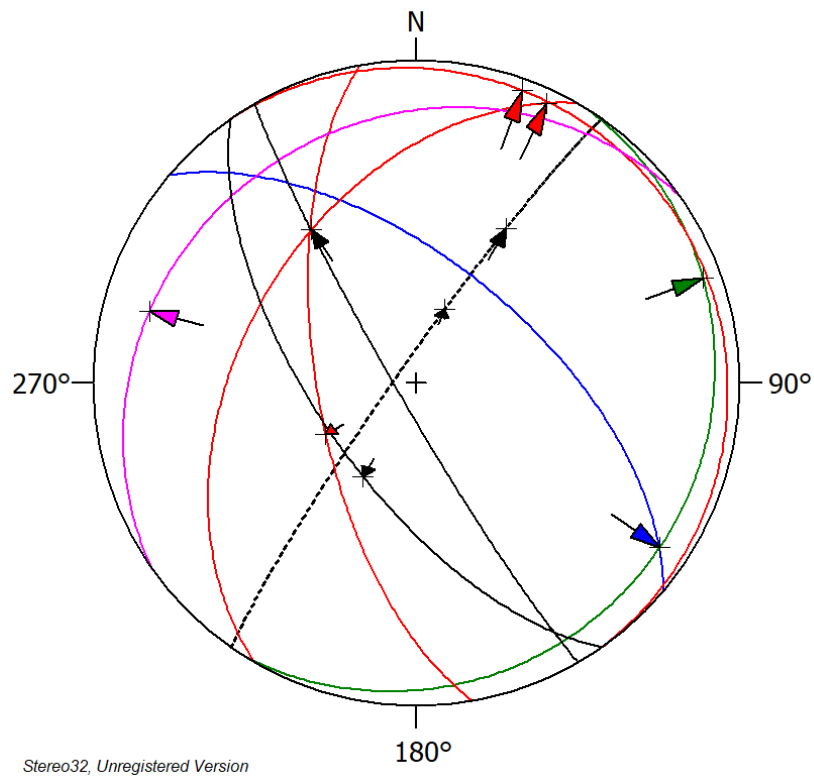


Figure 26 : Représentation des attitudes des stries de glissement avec leurs plans porteurs du flanc NW (Canevas de Schmidt, hémisphère inférieure).

1.2.2 Dans le flanc SE

Dix (10) mesures d'azimut de stries ainsi que leurs plans porteurs ont été prises pour l'étude de quelques accidents mineurs. Elles sont représentées dans le tableau suivant (tableau N°03).

Plans de faille		Azimut	Plongement	Nature de l'accident	Formations° des couches
Direction	pendage				
N85°	85°N	N 70°	71NE	faille	Aïn Ouarka
N25°	40°SE	N 120°	40SE	faille	Aïn Rhézala
N 25°	40°SE	N 60°	25NE	décrochement	Raknet el Kahla
N 60°	30°S	N 120°	26SE	faille	Tifkirt
N140°	80°NE	N 140°	1SE	décrochement	Djara
N80°	50°N	N 98°	20NW	décrochement	Djara
N130°	40°NE	N 145°	10NW	décrochement	Djara
N10°	70°W	N 138°	66NW	faille	Aïssa
N5°	45°W	N 90°	45W	faille	Aïssa
N110°	60°NE	N 5°	59NE	faille	Tiout

Tableau 3 : Valeurs des attitudes des plans porteurs (plans de faille), des stries et natures des accidents du flanc SE.

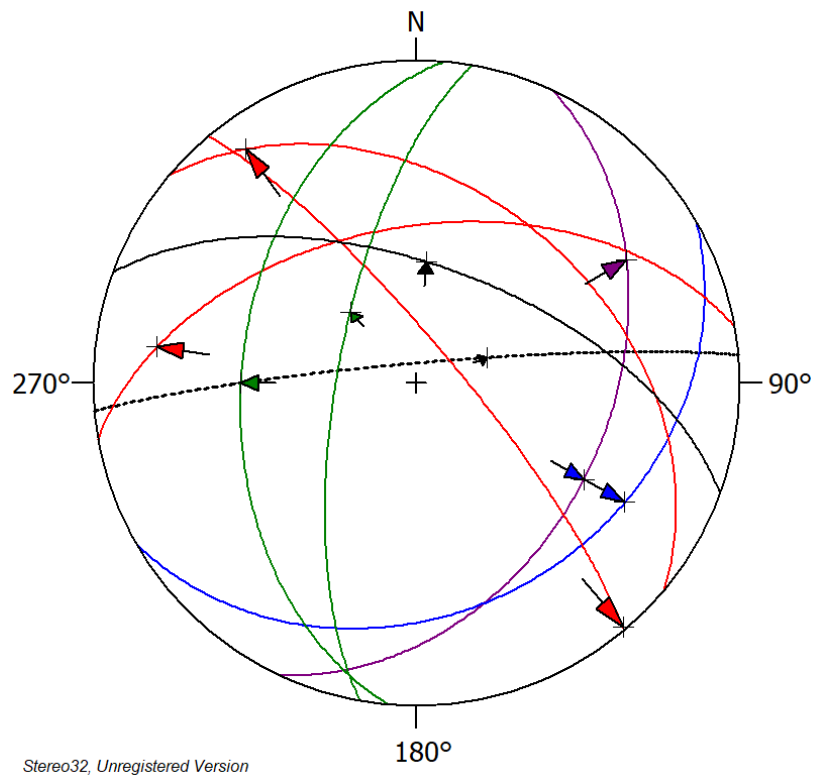


Figure 27 : Représentation des attitudes des stries de glissement avec leurs plans porteurs du flanc SE (Canevas de Schmidt, hémisphère inférieure).

2. Accidents majeurs de la structure de Djebel Boulrhfad

Le centre du pli forme le Chémariikh. Ce dernier est un grand et large bloc massif constitué de dolomie et de calcaire, formant le cœur de l'anticlinal de Djebel Boulrhfad, où les accidents majeurs sont abondants et facilement observables.

Si on fait une analyse structurale à partir de nos constatations de terrain, de la carte photogéologique de Galmier (fig. 18) et, en se basant sur des travaux antérieurs (Douihasni, 1976, Kacemi, 2004 & 2014 ; Habeddine & Stambouli, 2016), on peut signaler la présence d'accidents majeurs décrochant à composantes obliques découpant les reliefs de Dj. Boulrhfad :

- Les accidents N145 à N160 prédominants sont senestres
- Les accidents N80 à N110 sont dextres

❖ Les accidents majeurs :

- L'accident d'Aïn Ouarka : il s'agit d'un décrochement kilométrique transverse de direction N85°E, recoupant toute la structure (fig. 24, carte photogéologique).

- D'un mouvement coulissant dextre et de 2500m de rejet (Douihasni, 1976 ; Kacemi 2004 et 2014). A Aïn Ouarka cet accident est injecté du Trias.
- La structure est aussi affectée d'une faille axiale longitudinale N30°, traversant le cœur de la courbure anticlinale (Djebel Chémarikh). Cette faille a joué en même temps en faille inverse et en décrochement senestre (Kacemi, 2014).
- On note également l'abondance des accidents N160°, il s'agit de décrochements senestres observables à travers toute la structure de Djebel Boulerrhad (exemple la fracture et rejet latéral des barres gréseuses de la « Formation de Teniet El Klakh » dans la dépression d'Aïn Rhézala.

III. Etude de la fracturation :

La structure de Boulerrhad est caractérisée par la netteté et la fréquence des diaclases comme d'ailleurs dans tout l'Atlas Saharien occidental.

1. Présentation des données de la fracturation de la région :

Pour la présentation des données, les mesures ont été classées par flanc et par formation. 671 mesures ont été prises en totalité (au niveau des deux flancs et au niveau de la charnière de l'anticlinal) dont, 346 mesures dans le flanc NO, 177 mesures au niveau de la charnière de Djebel Chémarikh et 148 mesures dans le flanc SE. Les valeurs des mesures de direction sont incluses dans le tableau suivant (Tableau N°4) :

Lieux Flanc	Flanc SE	Flanc NO
La Dolomie de Chémarikh	N340-N120-N110-N115-N70-- N120-N80-N120-N140-N145- N140-N140-N135-N110-N310- N290-N110-N65-N120-N70- N60-N110-N0-N90-N110-N60- N120-N320-N165-N105-N325- N85-N65-N0-N270-N335- N125-N230-N280-N330-N0- N310-N320-N275-N330-N270- N110-N170-N150-N145-N120- N95-N175-N190-N140	N10-N20-N20-N20-N20-N20-N25- N30-N35-N40-N45-N50-N50-N60- N60-N60-N65-N65-N65-N70-N70- N70-N70-N71-N72-N75-N75-N76- N80-N80-N82-N85-N85-N85-N85- N85-N90-N90-N90-N92-N95-N95- N100-N100-N100-N100-N100-N101- N104-N108-N110-N110-N110-N110- N110-N110-N111-N112-N115-N115- N115-N115-N116-N116-N120-N120- N120-N120-N120-N120-N120-N120- N120-N120-N120-N120-N124-N124- N128-N130-N130-N130-N130-N130-

		N132-N135-N135-N140-N140N140-N145-N145-N145-N150-N150-N150-N156-N157-N160-N160-N160-N160-N160N-160-N165-N165-N170-N171-N173-N175-N180-N180-N180-N180-N180-N183-N183-N190-N190-N193-N260-N345-N350
Les Alternances d'Ain Ouarka	N20- N30- N60- N60- N75 N105- N90- N25- N115 -N25 N45- N40 N75- N70- N90- N110 -N125	N130-N160-N110-N155-N80-N130-N110-N60-N155-N80-N130-N110-N110-N80-N120-N155-N120-N120-N120-N121-N105-N90-N135-N120-N90-N120-N110-N130-N135-N120-N110
Les Marnocalcaires d'Ain El Rhézala	N340-N115-N120-N115-N70-N170-N70-N95-N350-N120-N140-N250-N285-N0-N320	N120-N80N110-N140-N145-N135-N125-N135N130-N130-N110-N125-N125-N115-N130N95-N130-N115-N125-N130-N120-N125-N120-N115-N120-N140-N130-N135
Formation de la Raknet El Kahla	N120-N265-N290-N260-N280-N355-N125N290-N270-N340-N240-N280-N0-N210-N250-N225-N270	N120-N140-N105-N150-N110-N65N140-N70-N180N170-N120-N180-N255N135-N140-N105-N120-N110-N150-N110-N145-N150-N155-N100-N130-N120-N145-N130-N120
Formation de Teniet El Klakh	N115- N30- N35- N30- N120 N125- N35- N30- N125- N95 N100- N70 -N60- N65 -N30-N80- N120- N105 -N110- N85 N75- N105- N170- N120- N100- N115- N20- N105	N100-N75-N135-N130-N120-N110-N140-N160-N350-N290-N295-N335-N320-N130N140N90N130-N130-N100-N110-N160-N270-N145-N200N235-N130-N125-N230-N120-N70
Formation de Tifkirt	N355-N280-N295-N320-N350-N280-N280-N335-N325-N305-N300-N345-N280-N280	N170-N145-N140-N145-N135-N110-N310-N330-N190-N175-N155-N150-N110-N120-N130-N180-N125-N130-N150-N110-N120-N125-N120-N125-N120-N95N120-N90-N120-N95-N155-N155-N130-N155-N150-N125-N130-N145-N140-N140

Formation de Djara	N300-N310-N130-N300-N280-N115-N175-N340-N280-N285-N290-N320-N255-N285	N140-N180-N145-N125-N110-N130-N150-N160-N125-N150-N300-N140N120-N145-N140-N210-N150N140-N145-N150-N135-N190-N195-N320-N305-N130-N170-N125-N150-N165-N155-N180-N170-N355-N160-N180-N340-N120-N180-N180-N190-N160
Formation d'Aïssa	N110-N335-N75-N90-N130-N0-N325-N275-N295-N305-N125-N305-N315-N295 -N140	N200-N170-N150-N180-N340-N150-N140-N180-N330-N155-N145-N140-N170-N170-N150-N150-N135-N190-N65-N160-N260-N160-N150-N230-N310-N310-N150-N140-N330-N310-N340-N150-N170-N180-N190-N150-N130-N130
Formation de Tiloula	N75-N130-N115-N170-N280-N190-N305-N310-N290-N250-N335-N280-N150-N145-N150-N125-N135-N165	N130-N180-N220-N180-N120-N110-N170-N320-N330-N140-N110-N160-N125-N125-N110-N170-N130-N25-N120-N90-N170-N140-N150-N95-N40-N130-N165-N155-N120-N230-N230
Formation de Tiout	N200-N120-N0-N345-N310N310-N125-N335-N60-N115-N125-N140-N170-N135-N65-N140-N170-N135-N115	N230-N20-N0-N310-N335-N330-N330-N300-N350-N350-N95-N355N320-N110-N320-N50N340-N320-N80-N85-N70-N320-N240-N330-N130-N150-N320-N330-N150-N340-N320

Tableau 4 : Directions de la fracturation des deux flancs SE et NW

2. Analyse de la fracturation :

Pour une analyse acceptable, la classification adoptée est basée sur des classes de directions moyennes déterminées selon des valeurs d'un pas de 10°. On aurait donc au total 18 classes à analyser.

2.1. Le flanc NW :

2.1.1. Classes avec un pas de 10° :

Classes de direction		Nombre de fractures par Direction	Pourcentage %
A	360° - 10°	14	4.03
B	10° - 20°	6	1.73
C	20° - 30°	7	2.02
D	30° - 40°	1	0.29
E	40° - 50°	2	0.58
F	50° - 60°	22	6.34
G	60° - 70°	19	5.48
H	70° - 80°	6	1.73
I	80° - 90°	5	1.44
G	90° - 100	8	2.31
K	100° - 110	6	1.73
L	110° - 120	25	7.2
M	120° - 130	42	12.1
N	130° - 140	45	12.97
O	140° - 150	36	10.37
P	150° - 160	56	16.14
Q	160° - 170	30	8.65
R	170° - 180	17	4.9
Total	18 classes	347	100

Tableau 5 : Récapitulatif des mesures de direction de la fracturation du flanc NW

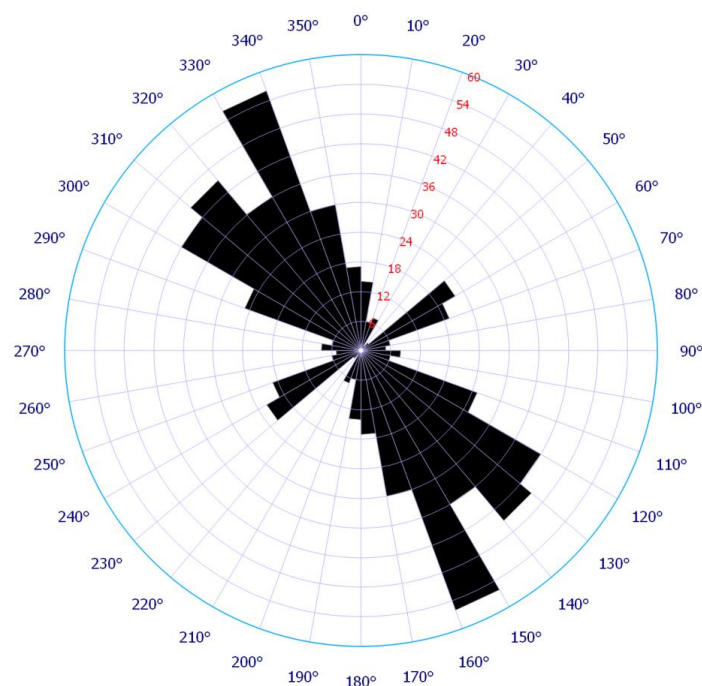


Figure 28: Rosace de distribution des diaclases du flanc NW (classe en pas de 10°)

Selon les données du tableau N°5 et la figure N°28, quatre familles de fractures importantes ont été distinguées ; la classe **P** de direction moyenne N155° comprise entre N150° et N160° est la plus importante (16.14%). Elle est suivie par la classe **N** de direction moyenne N135° comprise entre N130° et N140° est qui représente 12.97%. Ensuite viennent les classes **M** et **O** avec un pourcentage 12.1% et 10.37%, il s'agit des directions moyennes N145° et N135°. Les classes **Q** de direction moyenne N165 et **L** de direction moyenne N115 sont relativement moins importantes avec respectivement 8,65% et 7,2%.

2.1.2. Classes avec un pas de 20°

Classes de direction		Nombre de fractures par Direction		%
A	360°-20°	13		3.75
B	20°-40°	5		1.44
C	40°-60°	33		9.51
D	60°-80°	18		5.19
E	80°-100°	12		3.46
F	100°-120°	56		16.14
G	120°-140°	85		24.5
H	140°-160°	89		25.65
I	160°-180°	36		10.37
Total	09 classes	347		100

Tableau 6 : Récapitulatif des mesures de directions de la fracturation du flanc NW

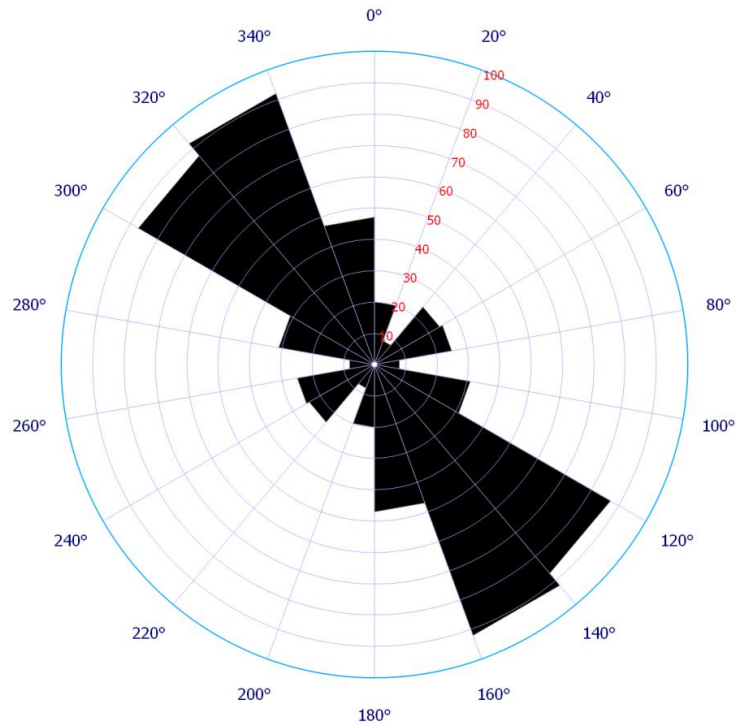


Figure 29 : Rosace de distribution des diaclases du flanc NW (classes en pas de 20°)

Selon les données du tableau N°6 et de la figure N°29, quatre familles de fractures importantes ont été distinguées ; la classe **H** de direction moyenne N150° comprise entre N140° et N160° (25.65%) est la plus importante. Elle est suivie par la classe **G** de direction moyenne N130° comprise entre N120° et N140° est qui représente 24.5%. Ensuite viennent la classe **F** avec un pourcentage 16.14%, la classe **I** avec un pourcentage de 10.37% et la classe **C** avec un pourcentage de 9,51%, il s'agit respectivement des directions moyennes N110°, N170° et N50. Les classes **D** de direction moyenne N70, **A** de direction moyenne N10 et **E** de direction moyenne N90 sont relativement moins importantes avec respectivement 5,19%, 3,75% et 3,46%.

2.2. Le flanc SE

2.2.1. Classes avec un pas de 10°

Classes de direction		Nombre de fractures par Direction	Pourcentage %
A	360° - 10°	7	4.73
B	10°-20°	1	0.68
C	20°-30°	1	0.68
D	30°-40°	2	1.35
E	40°-50°	2	1.35
F	50°-60°	14	9.46
G	60°-70°	7	4.73
H	70°-80°	6	4.05
I	80°-90°	5	3.38
J	90°-100	7	4.73
K	100°-110	10	6.76
L	110°-120	15	10.14
M	120°-130	16	10.81
N	130°-140	11	7.43
O	140°-150	8	5.41
P	150°-160	18	12.16
Q	160°-170	11	7.43
R	170°-180	7	4.73
Total	18 classes	148	100%

Tableau 7 : Récapitulatif des mesures de direction de la fracturation du flanc SE

(Classes avec un pas de 10°)

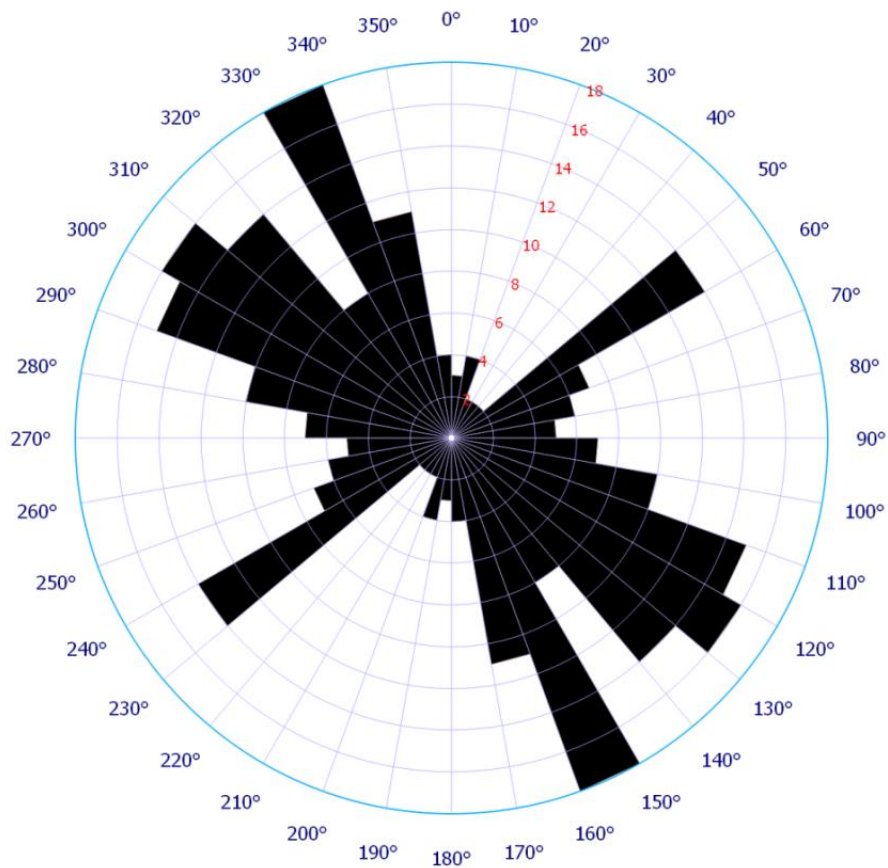


Figure 30: Rosace de distribution des diaclases du flanc SE (classes en pas de 10°)

A partir des données du tableau N°7 et la figure N°30 (Rosace de distribution des diaclases du flanc SE), six (6) familles de fractures importantes ont été mises en évidence. Il s'agit des classes, des directions moyennes et des pourcentages suivants : **P** (N155, 12.16%), **M** (N125, 10.81%), **L** (N115, 10.14%), **F** (N55, 9.46%), **N** (N135, 7.43%) et **Q** (N165, 7.43%). Ces dernières sont suivies des classes **K** (N115, 6.76%) et **O** (N145, 5.41%). Les autres classes (**A**, **G**, **J** et **H**) ayant un pourcentage compris entre 4 et 5% sont relativement moins importantes.

2.2.2. Classes avec un pas de 20°

Classes de direction		Nombre de fractures par Direction	%
A	360°-20°	8	5.41
B	20°-40°	3	2.03
C	40°-60°	16	10.81
D	60°-80°	13	8.78
E	80°-100°	12	8.11
F	100°-120°	30	20.27
G	120°-140°	25	16,89
H	140°-160°	26	17.57
I	160°-180°	15	10,14
Total	09 classes	148	100%

Tableau 8 : Récapitulatif des mesures de directions de la fracturation du flanc SE (classes avec un pas de 20°)

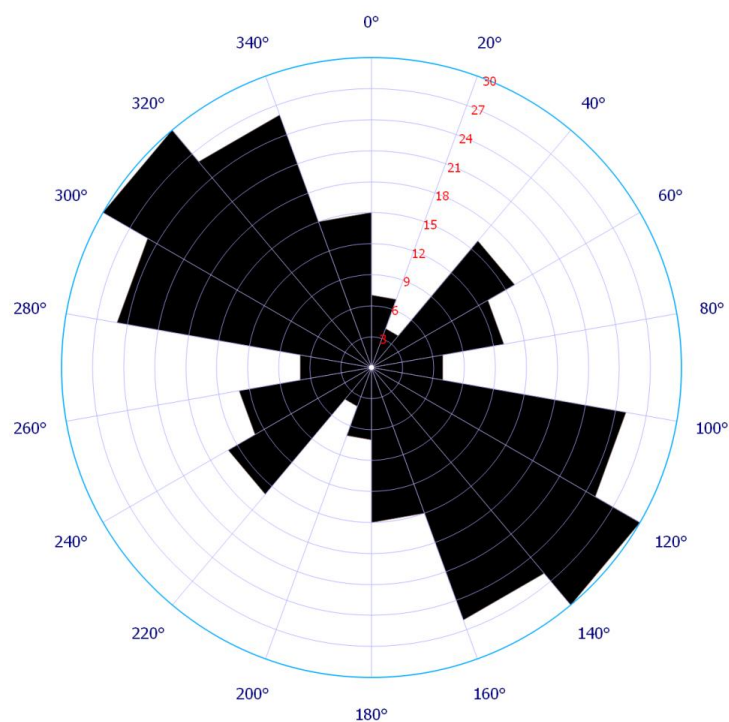


Figure 31: Rosace de distribution des diaclases du flanc SE (classes avec un pas de 20°)

Le tableau N°8 et la figure N°31 (rosace de distribution des diaclases du flanc SE avec des classes en pas de 20°) mettent en évidence 5 familles de fractures importantes. Il s'agit des classes, de directions moyennes et de pourcentages suivants : **F** (N110, avec 20,27%), **H** (N150 avec 17,57%) et **G** (N130 avec 16,89%) suivies des classes **C** (N50, avec 10.81%) et **I** (N170 avec 10.14%). Les classes **D** et **E** de directions moyennes N70 (8,78%) et N90 (8,11%) viennent après. Les autres classes **A** et **B** sont moins importantes.

2.3. Au niveau de la Charnière (sommet de Djebel Chémarikh)

2.3.1. Classes avec un pas de 10°

Classes de direction		Nombre de fractures par Direction	Pourcentage %
A	360° - 10°	8	4.52
B	10°-20°	2	1.13
C	20°-30°	7	3.95
D	30°-40°	9	5.08
E	40°-50°	5	2.82
F	50°-60°	1	0.56
G	60°-70°	9	5.08
H	70°-80°	11	6.21
I	80°-90°	10	5.65
J	90°-100	11	6.21
K	100°-110	10	5.65
L	110°-120	22	12.43
M	120°-130	23	12.99
N	130°-140	11	6.21
O	140°-150	15	8.47
P	150°-160	9	5.08
Q	160°-170	9	5.08
R	170°-180	5	2.82
Total	18 classes	177	100

Tableau 9 : Récapitulatif des mesures de directions de la fracturation au niveau de la Charnière (sommet de Djebel Chémarikh) (classes en pas de 10°).

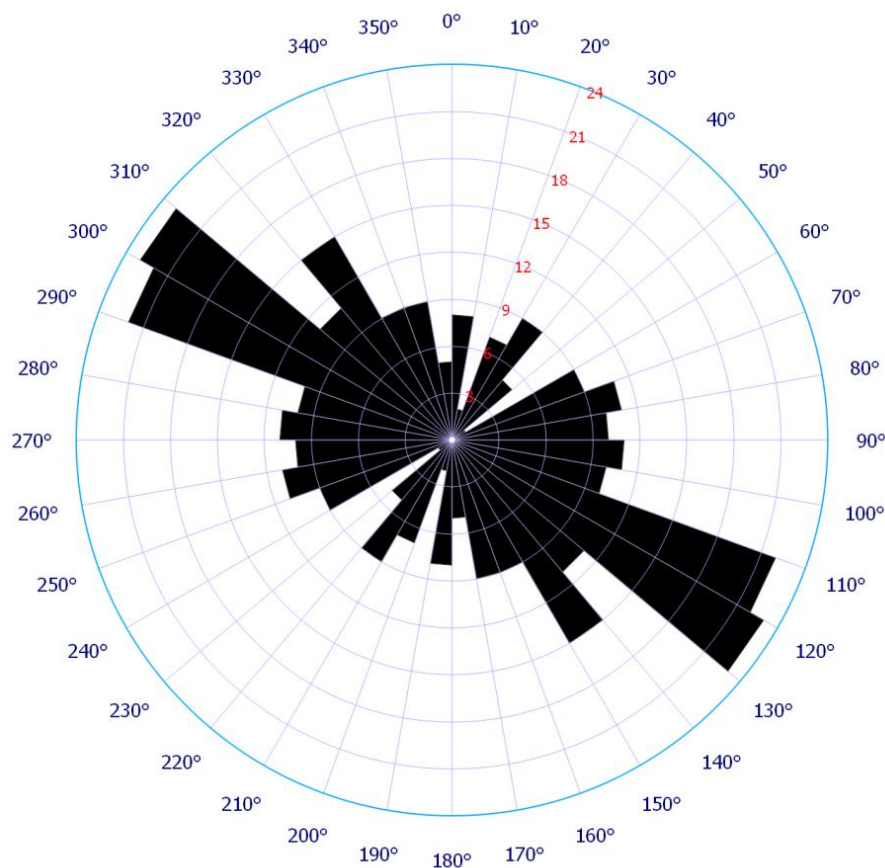


Figure 32: Rosace de distribution des diaclases au niveau de la Charnière (Sommet de Djebel Chémariikh) (Avec des classes en pas de 10°)

Selon les données du tableau N°09 et la figure N°32, deux familles de fractures importantes ont été distinguées ; la classe **M** de direction moyenne N125° comprise entre N120° et N130° (12.99%) est la plus importante. Elle est suivie par la classe **L** de direction moyenne N115° comprise entre N110° et N120° et qui représente 12.43%. Ensuite vient la classe **O** de direction moyenne N145 avec un pourcentage de 8,47% relativement plus ou moins important. Les classes **H** (N75), **J** (N95) et **N** (N135) viennent après avec un même pourcentage (6,21%). Les classes **D** (N35), **G** (N65), **I** (N85), **K** (N105), **P** (N155), **Q** (N165) présentent un faible pourcentage d'environ 5%.

2.3.2. Classes avec un pas de 20°

Classes		Nombre de fractures par Direction	%
A	360°-20°	10	5.65
B	20°-40°	16	9.04
C	40°-60°	6	3.39
D	60°-80°	20	11.30
E	80°-100°	21	11.86
F	100°-120°	32	18.08
G	120°-140°	34	19.21
H	140°-160°	24	13.56
I	160°-180°	14	7.91
Total	09 classes	177	100

Tableau 10: Récapitulatif des mesures de directions de la fracturation au niveau de la Charnière (Djebel Chemarikh) (classes avec un pas de 20°)

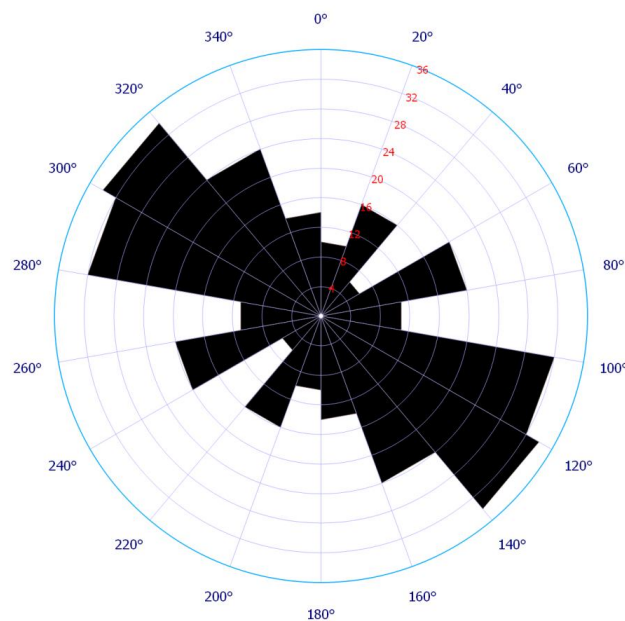


Figure 33 : Rosace de distribution des diaclases au niveau de la Charnière (Djebel Chemarikh) (classes avec un pas de 20°).

L'analyse des fractures à partir du tableau N°10 et de la figure N°33 (rosace de distribution des diaclases de la charnière de Dj. Chémariikh) montre 05 familles importantes de fractures. Il s'agit des classes **G**, **F** et **H** de directions moyennes respectives N130 (19.21%) suivies de la N110 (18.08%) et la N150 (13,56%) et enfin les classes **E** (N90, avec un pourcentage de 11,86%) et **D** (N70, avec un pourcentage de 11,30%). Les autres classes **B**, **I**, **A** et **C** sont moins importantes avec un pourcentage inférieur à 10%.

2.4. Présentation globale de la fracturation de la région d'étude

2.4.1. Classes avec un pas de 10°

Classes de direction		Nombre de fractures par direction	Pourcentage%
A	360° - 10°	24	3.58
B	10° - 20°	12	1.79
C	20° - 30°	16	2.38
D	30° - 40°	12	1.79
E	40° - 50°	9	1.34
F	50° - 60°	37	5.51
G	60° - 70°	35	5.22
H	70° - 80°	23	3.43
I	80° - 90°	20	2.98
J	90° - 100	26	3.87
K	100° - 110	26	3.87
L	110° - 120	62	9.24
M	120° - 130	81	12.07
N	130° - 140	70	10.43
O	140° - 150	59	8.79
P	150° - 160	83	12.37
Q	160° - 170	50	7.45
R	170° - 180	26	3.87
Total 18 classes		671	100

Tableau 11: Récapitulatif globale des mesures diaclases de la structure de Djebel Boulherfad

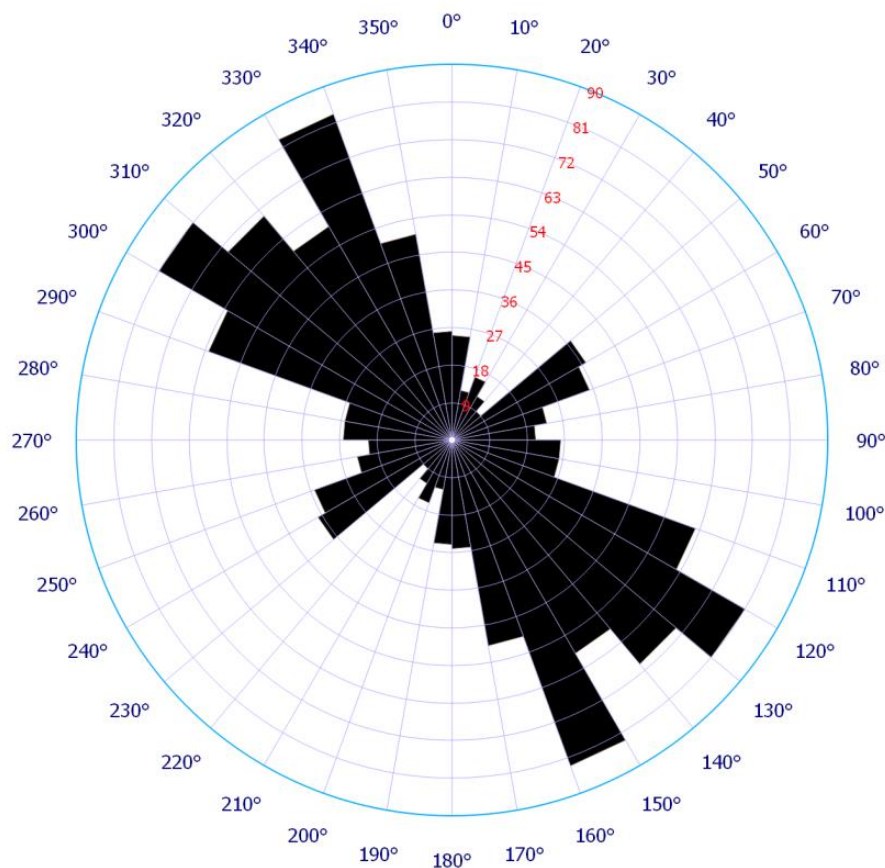


Figure 34: Rosace de distribution des diaclases globale de la structure de Boulterhfad (classes d'un pas de 10°).

À partir des données du tableau N°11 et la figure N°34 représentant la distribution des directions moyennes des diaclases des deux flancs et de la charnière, on note la présence de trois (03) importantes classes de fractures (classes en pas de 10°).

- 1- La classe **P** (150 - 160) qui représente 12.37%.
- 2- La classe **M** (120 - 130) qui représente 12.07%.
- 3- La classe **N** (130 - 140) qui représente 10.43%.

Cinq classes aussi importante mais avec un pourcentage inférieur à 10%.

- 1- La classe **L** (110° - 120°) qui représente 9.24%.
- 2- La classe **O** (140° - 150°) qui représente 8.79%.
- 3- La classe **Q** (160° - 170°) qui représente 7.45%.
- 4- La classe **F** (50° - 60°) qui représente 5.51%.
- 5- La classe **G** (60° - 70°) qui représente 5.22%.

2.4.2. Classes avec un pas de 20°

Classes de direction		Nombre de fractures par direction	%
A	360°-20°	36	5.37
B	20°-40°	28	4.17
C	40°-60°	46	6.86
D	60°-80°	58	8.64
E	80°-100°	46	6.86
F	100°-120°	88	13.11
G	120°-140°	151	22.50
H	140°-160°	142	21.16
I	160°-180°	76	11.33
Total	09 classes	671	100

Tableau 12 : Récapitulatif des mesures de directions de la fracturation globale de toute la structure de Djebel Boulerhfad (classe en pas de 20)

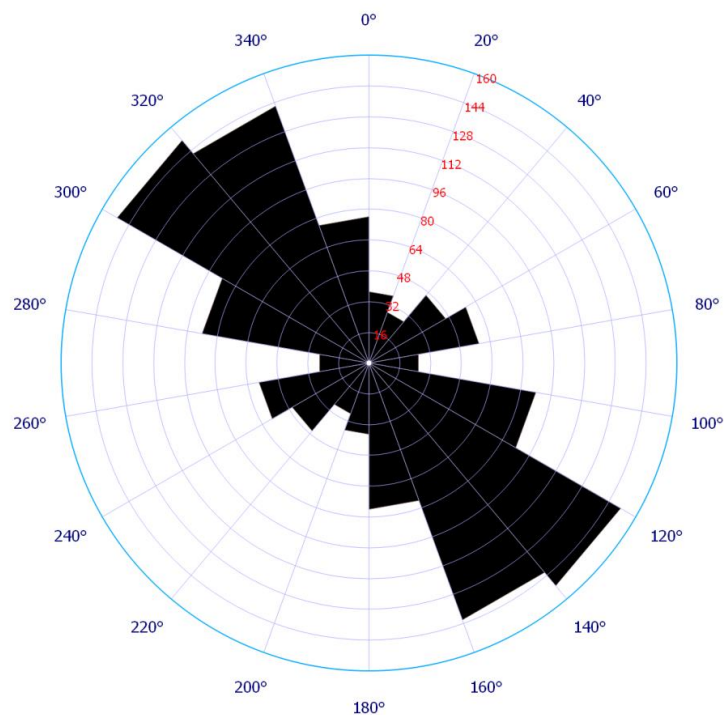


Figure 35: Rosace de distribution des diaclases de toute la structure de Djebel Boulerhfad (Classe en pas de 20)

À partir des données du tableau N°12 et la figure N°35 représentant la distribution des directions moyennes des diaclases de la structure de Djebel Boulerhfad (les deux flancs et la charnière), on note la présence de 4 importantes classes (classes en pas de 20°) :

- 1- La classe **G** (120 - 140), qui représente 22.5%.
- 2- La classe **H** (140 - 160), qui représente 21.16%.
- 3- La classe **F** (100 - 120), qui représente 13.11%.
- 4- La classe **I** (160 - 180), qui représente 11.33%.

Cinq autres classes sont relativement de moindre importance

- 1- La classe **D** (60 - 80), qui représente 8.64%.
- 2- Les classes **C** et **E** (40 - 60) (80 - 100), qui représentent 6.86%.
- 3- La classe **A** (360 - 20), qui représente 5.37%.
- 4- La classe **B** (20 - 40) qui représente 4.17%.

3. Distribution de l'analyse de la fracturation

Pour synthétiser et dans le but de mieux comprendre la distribution directionnelle des diaclases mesurées sur terrain, nous avons redistribué l'ensemble des fractures en neuf (9) classes principales de fractures selon un pas de 20° pour la totalité de la partie NE de la structure (terminaison périanticlinale NE).

Directions moyennes	Classes de direction	Nombre de fractures	%
N0	N350° - N10°	48	7.16
N20	N10° - N30°	28	4.18
N40	N30° - N50°	22	3.28
N60	N50° - N70°	72	10.75
N80	N70° - N90°	47	7.01
N100	N90° - N110°	49	7.31
N120	N110° - N130°	147	21.94
N140	N130° - N150°	128	19.1
N160	N150° - N170°	130	19.4
		671	100

Tableau 13 : Récapitulatif des mesures statistiques totales de la direction moyenne des fractures de la partie périanticlinale NE de Djebel Boulerhfad.

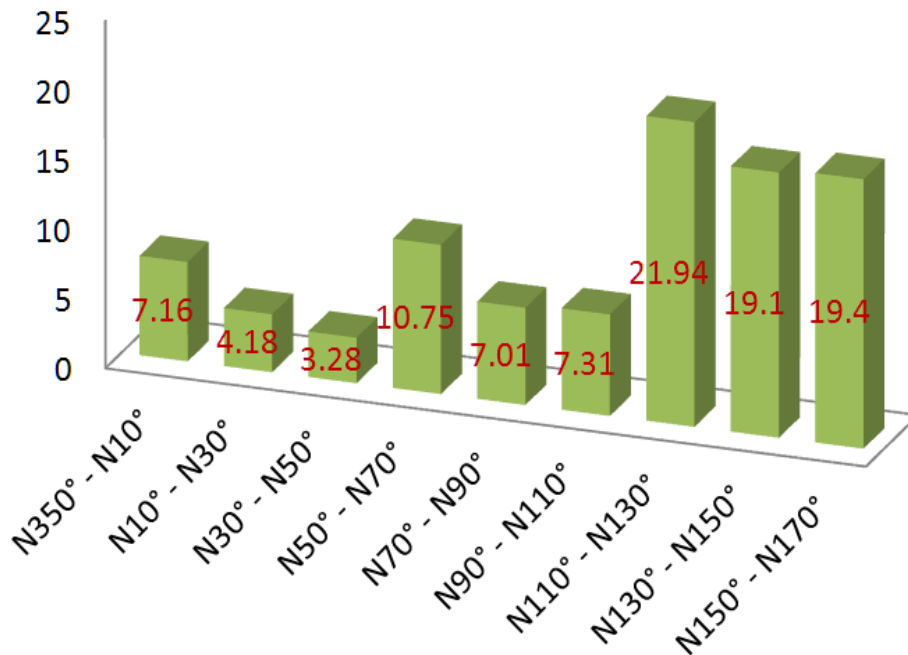


Figure 36 : Récapitulatif des mesures statistiques totales de la direction moyenne des fractures de la partie Nord Est de Djebel Boulerhfad (terminaison perianticlinale NE).

À partir des données du tableau N°13 et la figure N°36 représentant la distribution des directions moyennes des diaclases de la structure de Djebel Boulerhfad (partie étudiée) (les deux flancs et la charnière), on note la présence de 4 importantes classes (classes en pas de 20°) :

1. La classe direction moyenne N120 (N110° - N130°), qui représente 21.94%.
2. La classe direction moyenne N160 (N150° - N170°), qui représente 19.4%.
3. La classe direction moyenne N120 (N110° - N130°), qui représente 19.1%.
4. La classe direction moyenne N60 (N50° - N70°), qui représente 10.75%.

Cinq autres classes sont relativement de moindre importance

- 1- La classe direction moyenne N100 (N90° - N110°), qui représente 7.31%.
- 2- La classe direction moyenne N0 (N350° - N10°), qui représente 7.16%.
- 3- La classe direction moyenne N80 (N50° - N70°), qui représente 7.01%.
- 4- La classe direction moyenne N20 (N10° - N30°), qui représente 4.18%.
- 5- La classe direction moyenne N40 (N30° - N50°), qui représente 3.28%.

4. Conclusion

La projection stéréographique des pôles des plans des couches de la partie Nord de la structure de Djebel Boulerhfad sur canevas de Schmidt (hémisphère inférieure) correspond à un pli possédant un plan axial d'attitude N30, 90°. Il s'agit d'un pli isopaque droit à axe légèrement plongeant de 10° vers le NE. (Fig. 23 ; diagramme de FLEUTY (1964))

La partie de la structure analysée est caractérisée par différents types de déformations : des accidents mineurs, représentés par un ensemble de microstructures à l'échelle de l'affleurement, glissements de couches à une autre couche, diaclases, des failles et décrochements avec des stries de glissement, etc. Des accidents majeurs représentés par des décrochements et des failles à l'échelle de la structure ou même à l'échelle régionale.

La distribution de l'analyse de la fracturation a montré une répartition directionnelle des fractures avec des taux en fonction de l'architecture du plissement (fractures longitudinales, transversales et obliques ou diagonales par rapport à l'axe du pli).

Conclusion générale ; Lithologie et relation directionnelle fracturation-plissement :

L'étude lithostratigraphique et structurologique de Djebel Boulerhfad nous a permis de bien comprendre la géologie de la région de Aïn Ouarka et d'apporter de nouvelles données structurologiques.

Djebel Boulerhfad est une structure géologique constituée de formations d'âge méso-cénozoïques, allant du Trias jusqu'au Tertiaire. Ces formations englobent une lithologie variée ; des argiles gypsifères, du gypse, du sel, de la dolomie, des calcaires, des marno-calcaires, des marnes, des grès et enfin des argiles.

Le cœur de cet anticlinal forme Djebel Chémarikh qui constitue l'intrados du pli. Ce dernier est constitué de roches compétentes, rigides (dolomie et calcaires de 300m d'épaisseur environ) qui ont tendance à se fracturer facilement. L'extrados du pli est constitué, de calcaires, de marno-calcaires, de marnes, de grès et d'argiles. Les grès sont de loin les plus importants. Notons l'importance des épaisseurs des grès massifs des trois formations détritiques continentales, celles d'Aïssa, de Tiloula et de Tiout.

La relation directionnelle entre la fracturation et le plissement montre différents types de fractures (longitudinales à l'axe, transversales et obliques ou diagonales).

Classiquement, les relations géométriques entre les plis et les réseaux de fractures rencontrés sur les exemples de terrain sont décrites par la caractérisation de l'angle existant entre l'azimut de ces fractures et celui de l'axe des plis. La figure 37 montre une image simplifiée de ces relations et du vocabulaire utilisé.

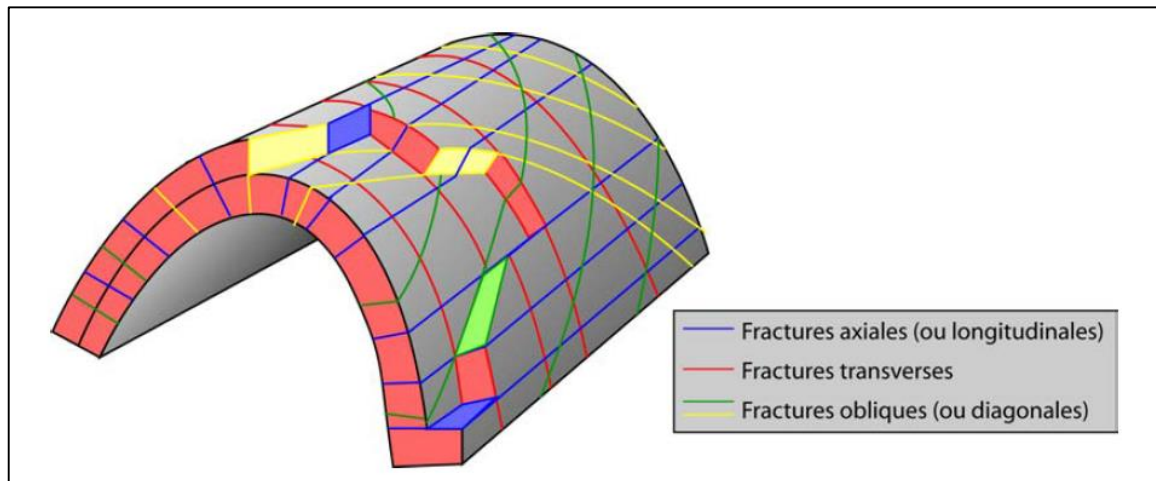


Figure 37 : Illustration schématique de la terminologie utilisée pour décrire les relations directionnelles entre fractures et plis (Ramsay & Hubert, 1987).

Dans la figure 37, les fractures axiales (ou longitudinales) sont parallèles à l'axe du pli, les fractures transverses sont orthogonales à cet axe et les fractures obliques (ou diagonales) font un angle fort avec cet axe.

Dans le cas de notre étude, la distribution de la fracturation sur le pli est organisée selon le schéma suivant (voir tableau N° 14) :

Classes de direction	Nombre de fractures	Taux %	Type de fractures
N10 à N50	56	8.35	Longitudinal
N50 à N80	95	14.16	Oblique droit
N80 à N140	285	42.47	transverse
N140 à N 180	235	35.02	Oblique gauche
Le total	671	100%	

Tableau 14 : Les différents types de fracturation

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AIT OUALI R. (1991) - Le rifting des Monts des Ksour au Lias : organisation du bassin, diagenèse des assises carbonatées. Place dans les ouvertures mésozoïques au Maghreb. *Thèse Doct. Sci., Alger*, 297 p., 147 fig., 16 tab., 6 pl.

ABDELALI, A., & BENKERACHE, M., (2011) – Étude Lithostratigraphique et structurologique du secteur Nord Est de djebel Djara, Atlas Saharien Occidental. *Mém. Ing. Univ. Tlemcen*, 10 p.

BASSOULLET J.P. (1973) - Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie). *Thèse Sci. Nat., Paris VI*, 497 p., 50 fig., 32 pl.

BENDDINE A. & MEKKI F. (2014) - Etude de la série triasique et du passage Trias-Lias des monts des Ksour (exemple djebel Mélah) et comparaison avec Djenien Bourezg, Tiout et Ain Ouarka (Atlas Saharien Occidental, Algérie) *Mém. Ing., Tlemcen*, 66p.

DOUIHASNI M. (1976) - Etude géologique de la région d'Aïn Ouarka-Boussemghoun (partie centrale des Monts des Ksour). Analyse structurale. *Thèse 3^{ème} cyc., Univ. Oran*, 2 t., 272 p., 52 fig., 4 pl. (inédit.).

GALMIER D. (1970) - Photogéologie de la région d'Ain Séfra (Algérie). *Thèse Doct. Etat Fac. Sci., Paris*, 320 p., 9 cartes h.t. ronéot.

KACEMI A. (2005) - Cartographie et dynamique sédimentaire de la série fin Dogger début Crétacé (Djara - Rhoundjaia) des Monts des Ksour (Atlas saharien, Algérie). *Mém. Mag. Univ. Oran*, 194 p., 47 fig., 15 pl.

KACEMI A. (2013) – Evolution lithostructurale des Monts des Ksour (Atlas Saharien, Algérie) au cours du Trias et du Jurassique : Géodynamique, Typologie du bassin et Télédétection *Thèse Doct.Sci., Tlemcen*, 229p. 88 fig., 5tab.18pl.

KAZI-TANI N. (1986) - Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doct. Sci., n°53, Univ. Pau et Pays de l'Adour*, 2 t., 871 p., 970 fig.

MAKANI A. Sedimentologie et organisation de dépôts : Formation de Tiloula et passage a la Formation de Tiout fin Jurassique supérieur début Crétacé Inférieur région de Tiout (Atlas Saharien Occidental). *Mém. Ing. Univ. Tlemcen*, 79 p., 24 fig., 3 pl.

MEDDAH A. (1998) - Etude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapirs atlasiques. *Mém. Mag. USTHB, Alger*, 174 p., 52 fig. (inédit.).

Références bibliographiques

MEDDAH A. (2010) – La province magmatique de l’atlantique central (CAMP). Dans le Bassin des Ksour (Atlas saharien occidental, Algérie). *Thèse Doct. Sci., Oran*, 144 p., 54 fig., 4 tab.

MEKAHLI L. (1998) - Evolution des Monts des Ksour (Algérie) de l’Hettangien au Bajocien. Biostratigraphie, sédimentologie, paléogéographie et stratigraphie séquentielle. *Docum.Lab.Géol.Lyon*, France, n°147, 319 p., 67 fig., 49 pl.

MERCIER J., VERGELY P. (1999) - Tectonique 2^{ème} Edition, Dunod, Paris, 206 p., 161 fig.

Méthodes modernes de géologie de terrain (LIVRE) 2b manuel d’analyse structurale, traitement des données. Edition technip comité des techniciens. Publication de la chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel, Paris-France (1976), 74 p., 77 fig.,

RAMSAY AND HUBER (1987) : The Techniques of Modern Structural Geology ; Vol. 2 : Folds and Fractures. Academic Press Edition, London, 700 pages.

Annexes

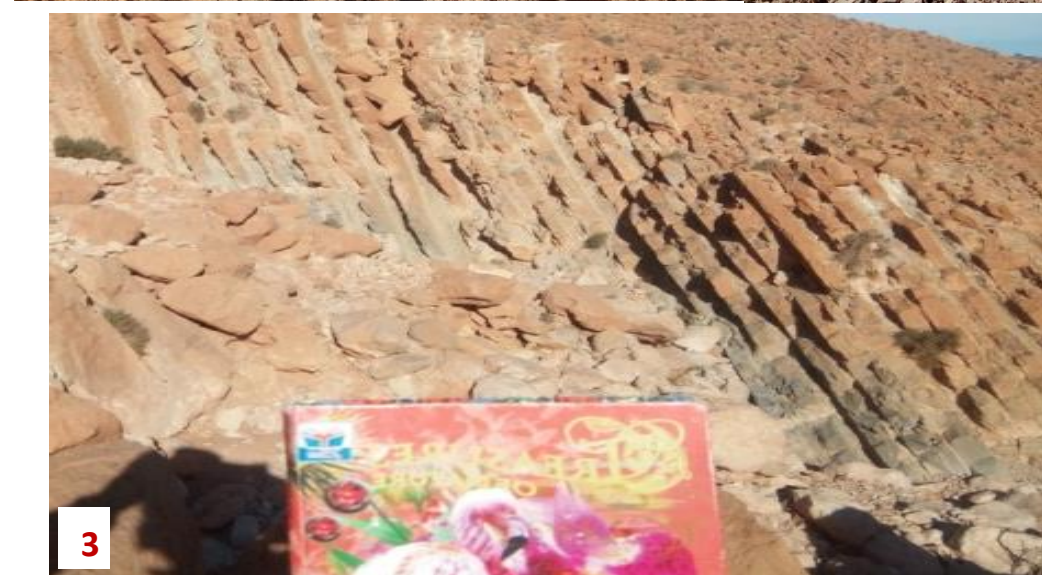
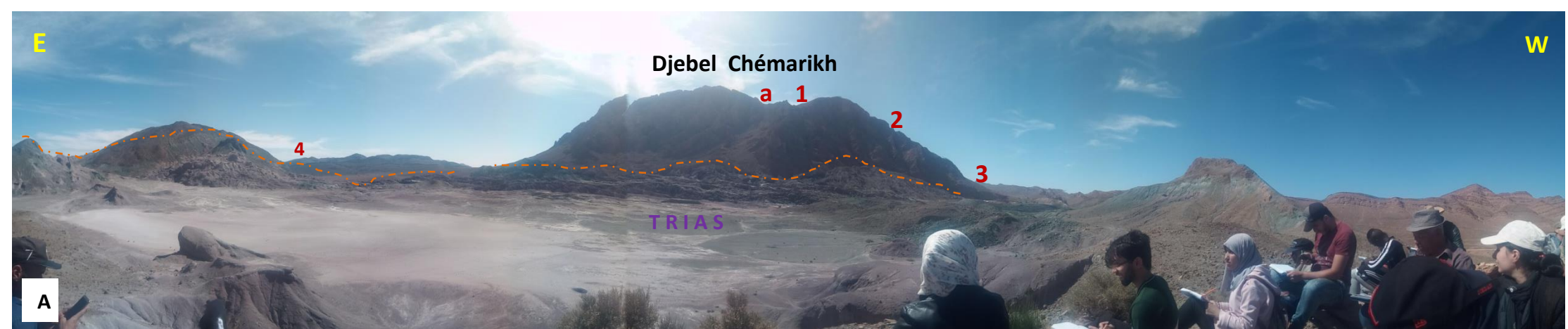


PLANCHE 1

A : vue panoramique de Djebel Chémarikh (coupe EW).

1 ; Charnière subhorizontal de l'anticlinale ; alternance d'Ain Ouarka surmonte la dolomie de Chémarikh.

1a ; détail des alternances d'Ain Ouarka (grotte au niveau de la grotte).

2; fracture matérialisée remplie par la calcite de direction (N80) (flanc NW) Djebel Chémarikh.

3 ; Formations des alternances d'Ain Ouarka coupe d'El Hammam, flanc NW de Chémarikh.

4 ; limite formation de Tiout vers formation de Rhelida ; Hamrat El Lahman (flanc SE de la structure5).

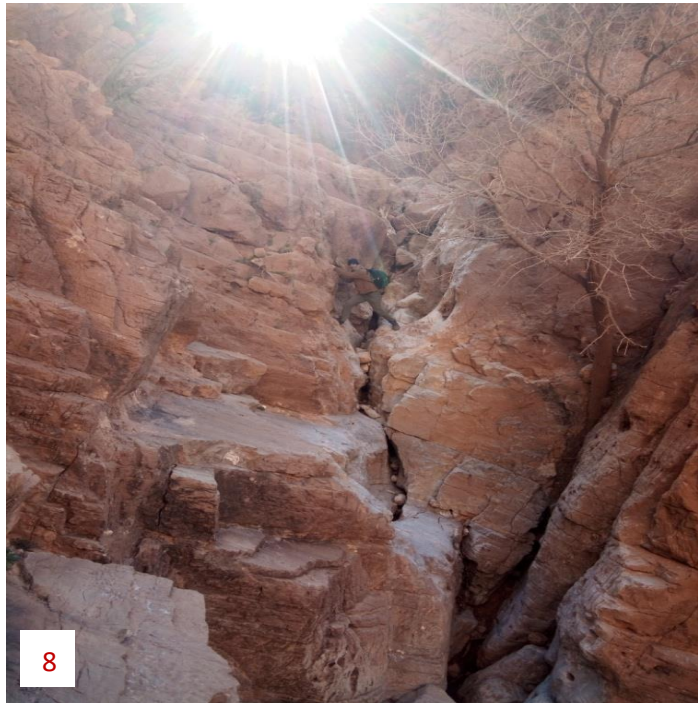
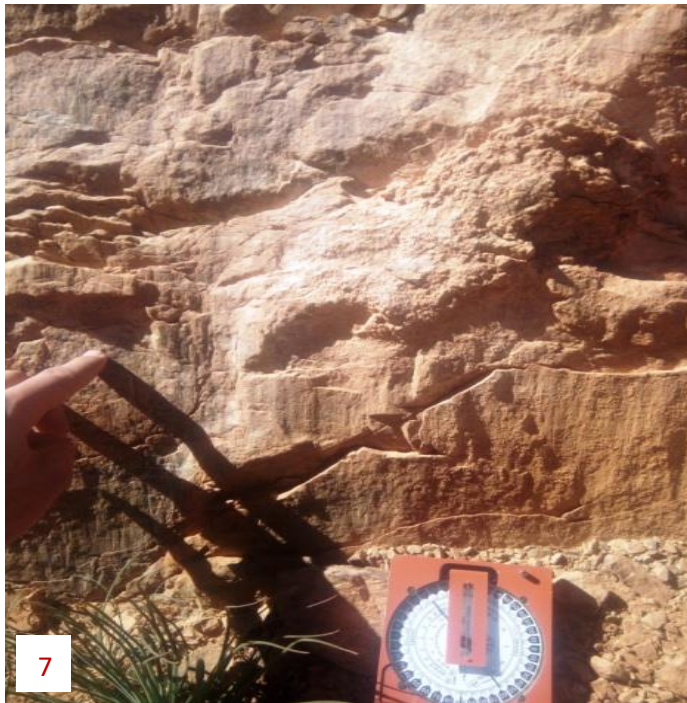


PLANCHE 2

5 ; Plan de faille d'attitude $N35^{\circ} 85^{\circ}NW$ et stries d'azimut $N20$ et $N55$ (décrochement, faille) ; (formation d'Ain Rhézala, flanc NW).

6 ; Plan de faille d'attitude $N 130^{\circ} 60^{\circ}NE$ et stries d'azimut $N150$ (Faille). Au niveau de la Brèches de la Raknet El Kahla (Flanc NW).

7 ; miroir de faille dans la formation de Tifkirt (Flanc NW) qui témoigne d'une faille Normale avec un Plongement $N45 100NW$ (10° vers le SE).

8 ; Fracture 0.5m d'épaisseur, flanc NW de djebel Chémarikh.

9 ; Un Plane de faille au niveau Brèches de la Raknet El Kahla (Flanc SE) avec un Plongement $N60^{\circ} 30^{\circ}S$ et stries $25 SE$ (Faille inverse).

10 ; Faille au niveau de la formation de Djara (Flanc SE) d'attitude $N80^{\circ} 50^{\circ}NE$ et stries $20E$.

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID-TLEMCEN
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET
L'UNIVERS

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du

Diplôme de MASTER

Option

Géodynamique des Bassins Sédimentaires

ABDELALI Ali

Thème

BENLADGHEM Youcef

ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE ET STRUCTUROLOGIQUE
DU SECTEUR NORD EST DE DJEBEL BOULERHFAD
(SILLON ATLASIQUE) - ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL

ملخص:

تقع منطقة الدراسة ضمن التكوين المحذب لـ "جبل بولخفاد" في منطقة عين ورقة في نطاق سلسلة جبال القصور (الأصلس الصحراوي الغربي), تعتمد هذه الدراسة على تشخيص مقطع لتركيبية الوحدات الطباقية للمنطقة (ليتوستراتيجرافي) مع اجراء دراسة احصائية تحليلية للصدوع والفوالق مع حساب ميل الطبقات على طول مقطع الجانب الشمالي الشرقي لنتوء "جبل بولخفاد". وقد مكنتنا هذه الدراسة، من تشخيص جميع التراكمات الطباقية الجيولوجية (من العصر الترياسي إلى الطباشيري). وفيما يتعلق بالدراسة البنيوية بالتركيز على المقارنة بين هذه الوحدات و التحليل الهيكلي لكامل الوحدات الطباقية تم استنتاج العلاقة بين تشوهات طيات الوحدات الطباقية والفوالق والصدوع للمنطقة، وأخيراً العلاقة الاتجاهية للصدوع والطي.

الكلمات المفتاحية: جبل بولخفاد - جبال القصور - الوحدات الطباقية - ليتوستراتيجرافي - الطي - تشوه - الصدوع / الفوالق - العلاقة الصدوع / الطي.

Résumé :

La structure étudiée « Djebel Boulherfad » est située dans la région d'Aïn Ouarka, dans les Monts des Ksour (ou Atlas saharien occidental). Il s'agit d'une étude lithostratigraphique et structurologique. L'analyse structurale concerne uniquement la terminaison péri anticlinale NE de Djebel Boulherfad. Dans le but de cette étude, une coupe a été levée, au nord de la structure, recoupant les deux flancs. Concernant l'étude lithostratigraphique, toutes les formations (du Trias au Crétacé) ont été déterminées. A propos de l'étude structurologique, l'analyse structurale a visé la géométrie et les propriétés du pli, les déformations mineurs et majeurs, la fracturation et enfin dans une conclusion, la relation directionnelle de la fracturation et du plissement.

Mots clés : Djebel Boulherfad – Monts des Ksour – lithostratigraphie – pli – déformation – fracturation – relation fracturation / plissement

Abstract:

The study focused on the structure of "Jebel Boulherfad" which is located in the Ain Ouarka region of the Ksour Mountains (Western Saharan Atlas). This is a lithostratigraphic and structural study. Structural analysis concerning only The upper anticlinal ending NE of Jebel Boulherfad. To achieve the objectives of this study, a cut from the north of the structure was lifted, crossing the two flanks. With regard to the lithostratigraphic study, all formations (from triassic to Cretaceous) were determined. Whereas for the structural study, the structural analysis focused on the geometry and properties of the fold, minor and major deformations and fracturing. Finally in the conclusion, a summary for the directional relationship of fracturing and folding was provided.

Keywords: Jebel Boulherfad - Ksour Mountains - lithostratigraphy - fold - deformation - fracturing - relationship fracturing/folding

