



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



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Géologie

Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement

Thème

**Etude géologique et géochimique de l'indice Pb-Zn de
Koudiat El Alia (Confins Algéro-Tunisiens) et Typologie des
inclusions fluides.**

Proposé :

- Mr SAMI.L

Etudié par :

GHARBI Mohammed Nadjib
MULAMBO ÁureoJúbilo Da Silva

Soutenu le : 24/11/2019

Devant le jury composé de :

Mr. Hamis Ahmed..... Maitre Assistant A /UMMTO.....Président

M^{lle} Gaci Nabila..... Maitre Assistante B/ UMMTO.....Examinatrice

Mr. Sami Lounis.....Professeur/UMMTO.....Promoteur

Promotion : 2018/2019



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Géologie

Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement

Thème

**Etude géologique et géochimique de l'indice Pb-Zn de
Koudiat El Alia (Confins Algéro-Tunisiens) et Typologie des
inclusions fluides.**

Proposé :

- Mr SAMI.L

Etudié par :

GHARBI Mohammed Nadjib
MULAMBO Áureo Júbilo Da Silva

Soutenu le : 24/11/2019

Devant le jury composé de :

Mr. Hamis Ahmed..... Maitre Assistant A /UMMTO.....Président

M^{lle} Gaci Nabila..... Maitre Assistante B/ UMMTO.....Examinatrice

Mr. Sami Lounis.....Professeur/UMMTO.....Promoteur

Promotion : 2018/2019

Remerciements

Tout d'abord nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir aidé et donné le courage et la volonté pour mener ce modeste travail à terme.

Nos premiers et profonds remerciements s'adressent à notre professeur et promoteur Monsieur SAMI Lounis qui a part nous proposer le thème, a accepté de nous diriger tout au long de la réalisation de ce mémoire et qui nous a aidés avec son savoir, ses conseils, son expérience, sa rigueur dans le travail. Et un grand merci pour ses corrections et ses propositions d'amélioration du travail. Nous vous remercions aussi pour avoir assuré des moyens pour qu'on se déplace au terrain le mois de Juin.

Nos remerciements vont également à Monsieur KOLLI Omar pour son déplacement et pour son aide précieuse sur le terrain. Ses connaissances étaient de grande importance lors de travaux de terrain.

Nos profonds remerciements à monsieur Hamis Ahmed d'avoir accepté la présidence de notre jury, on le remercie également pour son aide précieuse sur le laboratoire et aussi pour avoir bien voulu examiner notre travail.

Nous remercions également mademoiselle GACI Nabila membre du jury et examinatrice de ce modeste travail ainsi que pour son aide précieuse.

On remercie également toute l'équipe pédagogique du Département des Sciences Géologiques de TAMDA. Particulièrement à l'ingénieure de labo Madame ABDERRAHMANI Farida et OUARDI Mounia, pour leurs aide à la réalisation de ce mémoire, qui nous ont consacré leurs temps et qui ont mis à notre disposition le laboratoire et le matériel nécessaire.

Nous remercions à tous nos ami(e)s qui nous ont soutenu et encouragé tout le long de notre travail, les camarades de la promotion et les ami(e)s de la cité universitaire.

Nous tenons enfin à remercier tous les gens qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre formation, et à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A ma chère mère,

A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères, Nadjmeddine, Hamza et Ayoub

A mes chères sœurs, Samira, Fahima et **son mari,** Mohammed

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mes chers amis, S. Abd El Aziz, M. Abderrahim, B. Chabane,

CH. El Farouk, A. Zakaria, D. kheireddine, KH. Mehdi, S. Wassim, A. Dyhia, CH. Lysa, B. Zina, A. Khelidja, KM. Dyhia, K. Radia.

A toute ma famille,

A tous mes autres amis,

Sans oublier mon **binôme Áureo** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

Nadjib

DEDICACES

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels soient les termes embrassés, je n'arrive jamais à exprimer mes sentiments sincères.

A ma mère **Olga Gole**, ma préciuse offre de Dieu à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect pour son éducation, amour et pour son supporte quotidien durant ma formation même en étant à distance.

A mon père **Silva Mulambo**, ma première inspiration, un homme intègre, pour m'avoir son amour, pour son éducation et pour m'avoir soutenu durant ma formation même étant à distance. Et sa femme pour son amour.

A mes frères **Nora** et **Silva Mulambo Jr** avec qui j'ai passé une bonne part de ma vie, pour leur soutien, amour et pour avoir cru en moi toujours.

A ma fiancée **Kassia De Nascimento**, pour son soutien quotidien, pour son amour et respect durant les 6 dernières années.

A mes amis : **Sebastião Matola**, **Victor Antonio**, **Danilo Candembe**, **Ladislao Pelayo**, **Neide Stael**, **Benilde Chipanela**, **Dulce Sabão** et autres.

A mes autres amis, collègues du département et de promotion.

A mon frère **Jeremias Collins Da Silva Mulambo**, pour son soutien, amour, confiance et pour m'avoir aidé moralement durant cette période que ton âme repose en paix.

Sans oublier mon binôme **Gharbi Mohammed Nadjib**, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail.

Áureo Mulambo

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Table des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Résumé

Chapitre I: Généralités

I.1- Introduction.....	2
I.2. Situation géographique.....	2
I.3. Méthodologie, but et objectifs.....	4
I.4. Historique des travaux.....	5

Chapitre II: Géologie régional

II.1. Cadre géologique régional.....	8
II.1.1 Atlas Saharien.....	8
II.1.2 Cadre géologique des confins Algéro- tunisiens.....	9
II.2 Aperçu litho-stratigraphique.....	10
II.2.1 Le Trias.....	10
II.2.2 Le Jurassique.....	11
II.2.3 Le Crétacé.....	11
a- Le Barrémien.....	11
b- L'Aptien.....	11
c- L'Albien.....	12
d- Le Vraconien.....	12
e- Le Cénomanién.....	12
f- Le Turonien.....	13
g- Le Sénonien.....	13
- Sénonien inférieur.....	13
- Sénonien supérieur.....	13
II.2.4 Le Miocène (Néogène).....	14

II.2.5 Le Plio-quaternaire.....	14
II.3. Aspect paléogéographique et structurale.....	16
II.3.1. La subsidence.....	17
II.3.2. Diapirisme des formations triasiques.....	18
II.3.3. Les plissements.....	19
II.3.4. Les fossés d’effondrements.....	19
III.3.5 La fracturation.....	19

Chapitre III : Géologie locale

III.1 Introduction.....	24
III.2 Lithostratigraphie.....	24
III.2.1 Trias.....	24
III.2.1 L’Aptien.....	25
a- La partie inférieure.....	26
b- La partie médiane.....	26
c- La partie supérieure.....	26
III.2.3 Le Cénomanién	26
III.2.4 Le Turonien.....	28
a- Le Turonien inférieur.....	28
b- Le Turonien supérieur.....	30
III.2.5 Quaternaire	30
III.3 La tectonique.....	34
a- La classe NW – SE.....	36
b- La classe E – W	37
c- La classe NE – SW.....	38
III.4 Conclusion.....	39

Chapitre IV : Minéralisation

IV.1 Introduction.....	41
IV.2 Minéralisations du secteur d’étude.....	42
IV.3 Aspect morphologique des minéralisations.....	43

IV.4 Description minéralogique.....	44
IV.4.1 Les minéraux de gangue.....	44
1- La calcite (CaCO_3).....	44
2- La dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).....	45
3- La barytine (BaSO_4).....	47
4- Dickite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$).....	47
5- La silice (SiO_2).....	48
IV.4.2 Les minéraux métalliques.....	48
1- Pyrite (FeS_2).....	49
2- Galène (Pbs).....	49
3- Sphalérite (ZnS).....	52
IV.4.3 Les altérations supergènes.....	53
1- La smithsonite (ZnCO_3).....	53
2- La cérusite (PbCO_3).....	54
3- Les oxydes de Fer.....	55
IV.5 Conclusion.....	56

Chapitre V : Inclusions fluides

V.1. Microthermométrie des inclusions fluides.....	60
V.2. Typologie des inclusions fluides.....	61
V.3. Conclusion.....	64

Conclusion générale

Conclusion générale.....	66
--------------------------	----

Bibliographies.....	69
---------------------	----

Liste des Abréviations

NE	Nord Est	Ca/Na	Calcium/Sodium
SW	Sud ouest	USTHB	Université des Sciences et de la Technologie H. Boumediene
Km	Kilomètre	UMMTO	Université Mouloud Mammeri TiziOuzou
ANA	Accident Nord Atlasique	NaCl	Chlorure de Sodium
ASA	Accident Sud Atlasique	CaCl ₂	Chlorure de Calcium
N	Nord	H ₂ O	L'eau
SE	Sud Est	Th	Température d'Homogénéisation
M	Mètre	T _{fg}	Température de fusion de glace
NW	Nord Ouest	Te	Température eutectique
W	Ouest	°C	Degré Celsius
E	Est	Eq	Équivalent
S	Sud	GX	Grossissement
ENE	Est Nord Est	Dk	Dickite
WSW	Ouest Sud Ouest	Carb	Carbonate
O.R.G.M	Office National de la Recherche Géologique et Minière.	SONAREM	Société Nationale de la Recherche Minière
Ba	Barytine	MVT	Mississippi Valley Type
Ca	Calcite	NNW	Nord Nord Ouest
Dol	Dolomite	SSE	Sud Sud Est
Pb	Plomb	Mm	Millimètre
Zn	Zinc	LMMA	Laboratoire de Métallogénie et du Magmatisme de l'Algérie
Py	Pyrite		
Sph	Sphalérite		
Ga	Galène		
Cér	Cérosite		
Qz	Quartz		
Ox	Oxyde de Fer		
Sm	Smithsonite		
LPA	Lumière Polarisée Analysée		
LPnA	Lumière Polarisée non Analysée		
LPN	Lumière Polarisée naturelle		

Liste des figures

Fig.I.1 : Localisation de la region d'étude.....	3
Fig.I.2 : Situation géographique de Koudiat El Alia extrait de la carte topographique à 1/50.000 de Meskiana.....	4
Fig.II.1: Schéma structural du nord de l'Algérie (<i>in</i> Chacha A., 2004).....	8
Fig.II.2: Carte géologique des confins Algéro-tunisiens (d'après les cartes géologiques au 1/50.000 de Meskiana, Morsott, El Aouinet, Boukhadra, Oued Kébarit et Ouenza) (Sami L., 2004).....	10
Fig II .3: Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (d'après : Dubourdieu 1956, 1959 ; David 1956; Madre 1969 ; Fleury 1969 ; Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vila et al 2000., in Sami L, 2011.....	15
Fig.II.04 : Schéma structural des confins algéro-tunisiens (Sami L, 2004).....	17
Fig.II.5 : Délimitations des domaines triasiques dans les confins Algéro-tunisien (Vila, 1994.in Salmi-Laouar S., 2004.....	18
Fig.II.6 : Trame dense de la fracturation d'après l'étude des photographies aériennes au 1/20.000 et 1/50.000 (Sami L., 2011).....	20
Fig. II.7 : Analyse quantitative de la fracturation du secteur de l'Oued Kébarit (Sami, L., 2011).....	21
Fig.III.1 : Image satellite de koudiat El Alia (Google Eearth).....	24
Fig.III.2 : Schéma simplifié du Trias diapirique en contact anormal avec l'Aptien.....	25
Fig.III.3 : Dolomies beiges à patine brunâtre, teintées des oxydes de fer.....	25
Fig.III.4 : Les dolomies plissées de l'Aptien.....	26
Fig. III.5 : Marnes gypsifère du Cénomanién.....	27
Fig.III.6 : Marnes à intercalations de bancs lumachelliques calcaires en boule riche en bivalves du Cénomanién.....	27
Fig.III.7 : Faciès Bahloul (des calcaires marneux riches en matières organiques).....	28
Fig.III.8 : Les calcaires marneux du faciès Bahloul.....	28
Fig.III.9 : Les marnes massives à débit en frite du Turonien inférieur.....	29
Fig.III.10 : Calcaires graveleux du Turonien inférieur.....	29
Fig.III.11 : Calcaires et marno-calcaires du Turonien traversés par des filons de calcite.....	29
Fig.III.12 : Log des sondages de Koudiat El Alia (<i>in</i> Hadache.N et Haddi.K.,2010).....	31
Fig.III.13 : Position des sondages dans la Carte géologique de Koudiat El Alia (Morel. F.1956).....	32

Fig.III.14 : Colonne stratigraphique du flanc sud de Koudiat El Alia.....	33
Fig.III.15 : les failles majeures qui affectent la région de Koudiat El Alia (Morel F., 1955).. <td>34</td>	34
Fig.III.16 : Un décrochement dextre qui sépare Koudiat El Aouina de Koudiat El Alia.....	35
Fig.III.17 : Trame dense de la fracturation d’après l’étude des photographies aériennes au 1/20. 000 (Sami.L, 2011).....	35
Fig.III.18 : Rosace des fractures au niveaux de Djebel Belkfif.....	36
Fig.III.19 : Fractures N120 minéralisées en calcite et galène qui recoupent la fracture N30 minéralisés en calcite.....	37
Fig.III.20 : Fillon E-W minéralisé en calcite pyritisée et altérée.....	37
Fig.III.21 : Faille normale à remplissage de calcite.....	38
Fig.III.22 : Brèche hydraulique suivie par une autre fracturation.....	38
Coupe III.1 : Coupe schématique simplifiée NS de Koudiat El Alia.....	29
Fig.IV.I : Répartition des gîtes et indices minéralisés dans les confins algéro-tunisiens (Sami L., 2011).....	42
Fig. IV.II: Position des indices minéralisés de Koudiat El Alia (Morel F., 1955).....	43
Fig.IV.1 : Texture veinulée et géodique de la calcite. Calcite II veinulée recoupe la dolomite, sphalérite et la calcite I.....	44
Fig.IV.2 : Calcite sous forme des grandes plages xénomorphes.....	45
Fig.IV.3 : Calcite granulaire de petites tailles autour du quartz et des vides remplis par les oxydes de fer.....	45
Fig.IV.4 : Dolomite massive avec une veinule de la calcite remplie par la galène.....	45
Fig.IV.5 : Dolomite fine constituent la roche mère.....	46
Fig.IV.6 : Dolomite(Dol) automorphe entourée la calcite(Ca).....	46
Fig.IV.7 : Dolomite xénomorphe remplace les carbonates.....	46
Fig.IV.8 : Dolomite III (Dol III) zonée remplaçant la dolomite II (Dol II).....	47
Fig.IV.9 : Barytine (Ba) remplit les vides laissés entre les grains de la dolomite II (Dol).....	47
Fig.IV.10 : Dickite (Dick) en mosaïque remplaçant les carbonates.....	48
Fig.IV.11 : Quartz automorphe recoupe la sphalérite.....	48
Fig.IV.12 : Inclusion de pyrite dans la gangue carbonatée.....	49.

Fig.IV.13 : Galènes cubiques de tailles millimétriques a centimétriques en inclusion dans la calcite.....	50
Fig.IV.14 : Galène automorphe et veinulée en remplissage dans la dolomite.....	50
Fig.IV.15 : Galène remplissant les fractures.....	51
Fig.IV.16 : Galène automorphe dans carbonates.....	51
Fig.IV.17 : Galène (Pbs) xénomorphe remplissant les vides laissés par la sphalérite (Sph) et les carbonates (carb).....	51
Fig.IV.18 : Galène remplit les fractures dans les carbonates.....	52
Fig.IV.19 : Sphalérite xénomorphe et granulaire remplaçant les carbonates.....	52
Fig.IV.20 : Sphalérite xénomorphe remplace les carbonates.....	53
Fig.IV.21 : Sphalérite xénomorphe qui remplace les carbonates est recoupée par la calcite II (CaII).....	53
Fig.IV.22 : Smithsonite disséminée dans les carbonates.....	53
Fig.IV.23 : Sphalérite complètement altérée en smithsonite.....	54
Fig.IV.24 : Début d'altération de la galène en cérusite.....	54
Fig.IV.25 : Grandes plages de galène (Ga) avec l'auréole d'altération de la cérusite (Cér) recoupant les carbonates (carb).....	55
Fig.IV.26 : Ancien pyrite diagénétique altérée en oxyde de fer.....	55
Fig.IV.27 : Oxydes de fer disséminés dans les carbonates.....	56
Fig.V.1 : Aspect microscopique des inclusions fluides primaires.....	63

Liste des tableaux

Tableau 1 - Tableau paragénetique probable de la minéralisation de Koudiat El Alia.....	58
Tableau 2 - Typologie des inclusions fluides du secteur d'étude.....	61

Résumé

La région d'étude fait partie de l'Atlas Saharien oriental. Elle est caractérisée par des formations allant depuis le Trias jusqu'au Quaternaire. Les formations triasiques se rencontrent dans les parties centrales des structures anticlinales (Sami L., 2011), le Jurassique est absent dans les confins Algéro-tunisien. Les terrains les plus anciens reconnus dans la région ont été datés du Barrémien au djebel Harraba (Dubourdieu 1956 *in* Sami L., 2004).

Du point de vu structural, Tébessa est constituée par des massifs orientés NE-SW.

Notre région d'étude Koudiat El Alia est située au sud du Djebel Belkfif, elle est un petit monticule allongé de direction E-W caractérisé par des formations crétacées essentiellement cénomaniennes et turoniennes.

La minéralisation dans la région de Koudiat El Alia est essentiellement plombifère (galène) et zincifère (sphalérite). Elle présente une morphologie de type amas d'imprégnation et remplissage des fissures dans les marno-calcaires du crétacé supérieur.

A Koudiat El Alia la minéralisation est contrôlée par deux métallotectes :

- un métallotecte structural, représenté par la direction NW-SE des filons, failles et fractures.
- un métallotecte lithostratigraphique. En effet, la minéralisation est encaissée de façon préférentielle dans les calcaires marneux du Turonien.

Dans l'ensemble, la paragenèse minérale montre la dolomite, la calcite, la silice, la dickite, barytine, pyrite, sphalérite, galène, la smithsonite, la cérusite et les oxydes de fer.

L'étude des inclusions fluides montre essentiellement des inclusions de type biphasiques et monophasiques dans les minéraux transparents (calcite, dolomite, sphalérite).

L'étude microthermométrique montre que le fluide minéralisateur serait un fluide de bassin chaud à salinité élevée. Ce fluide aurait subi un phénomène de dilution au cours de son évolution.

Les mots clés :

Atlas Saharien Oriental, Tébessa, Koudiat El Alia, Turonien, Minéralisation, Calcite, Galène, Sphalérite, Paragenèse, Dolomite, Barytine, Inclusions fluides ; Fluide de bassin ; Dilution.

Chapitre I

Généralités

I.1- Introduction

Les confins Algéro-tunisiens, est un territoire étudié pour son potentiel géologique en général et minier en particulier. La région de Tébessa fait partie de l'Atlas Saharien oriental, formée par des terrains carbonatés d'âge allant du Crétacé inférieur jusqu'au Quaternaire.

Tébessa est une région prometteuse, riche et prospère, tant par sa richesse culturelle (présence d'une multitude de vestiges archéologiques) que par sa richesse minérale. Elle est caractérisée par des remontées triasiques sous forme de diapirs, et contient plusieurs indices minéralisés (Plomb, Zinc, Barytine, Fluorine, Cuivre gris et Célestine). Cette zone connaît toujours une exploitation minière active du Fer (Ouanza, Boukhadraet El Khanga), du phosphate (Djebel Onk) et des multiples indices polymétalliques répertoriés ou non qui pourraient un jour déboucher sur la mise en évidence de grands gisements économiques.

I.2. Situation géographique

Tébessa est située à 620Km au Nord Est d'Alger et à 45Km de la frontière Tunisienne (Fig.I.1). La wilaya de Tébessa est située à l'extrême est de l'Algérie, elle est délimitée :

- au nord, par la wilaya de Souk Ahras ;
- à l'est, par la Tunisie ;
- à l'ouest, par les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi;
- au sud, par la wilaya d'El Oued

Sur le plan climatique Tébessa est considérée comme une région de transition météorologique, chaude et sèche en été, ainsi froide et rigoureuse en hiver. La wilaya de Tébessa se caractérise par deux grands systèmes hydrographiques: le bassin versant de l'Oued Medjerda au Nord et le bassin versant d'Oued Melghir, qui couvre la partie sud de la wilaya.

La région de Koudiat El Alia est une colline d'environ 1000m d'altitude, 2600m de long et de 2400m de large, allongée selon une direction EW. Elle est située au Sud de Djebel Belkif, à 16Km au NW de Tébessa ; limitée par le village BirDhab au NW et Mechtal Oulad Alaya au NE . Elle est située au SE de la feuille de Meskiana.

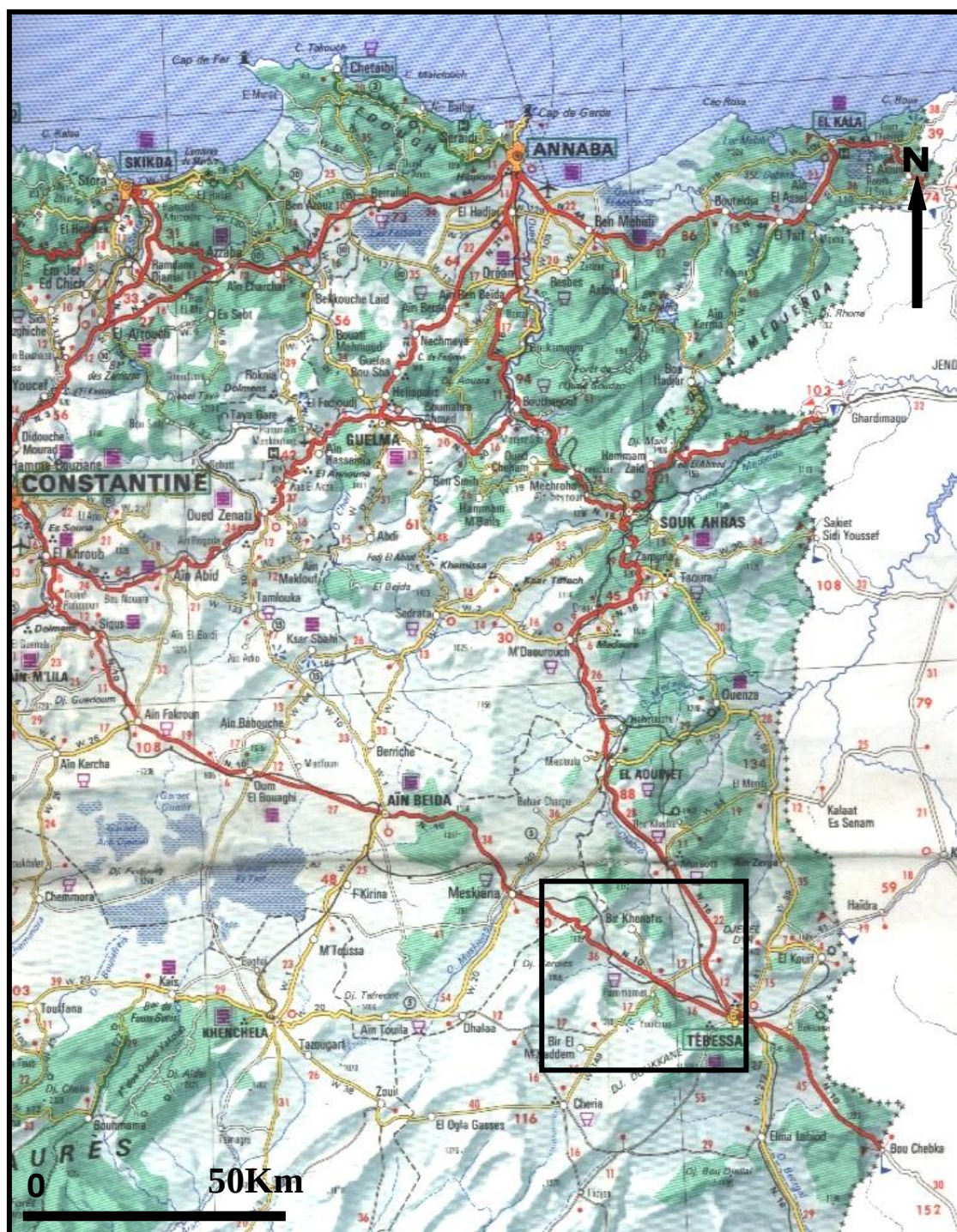


Fig.I.1 : Localisation de la région d'étude (Google earth).

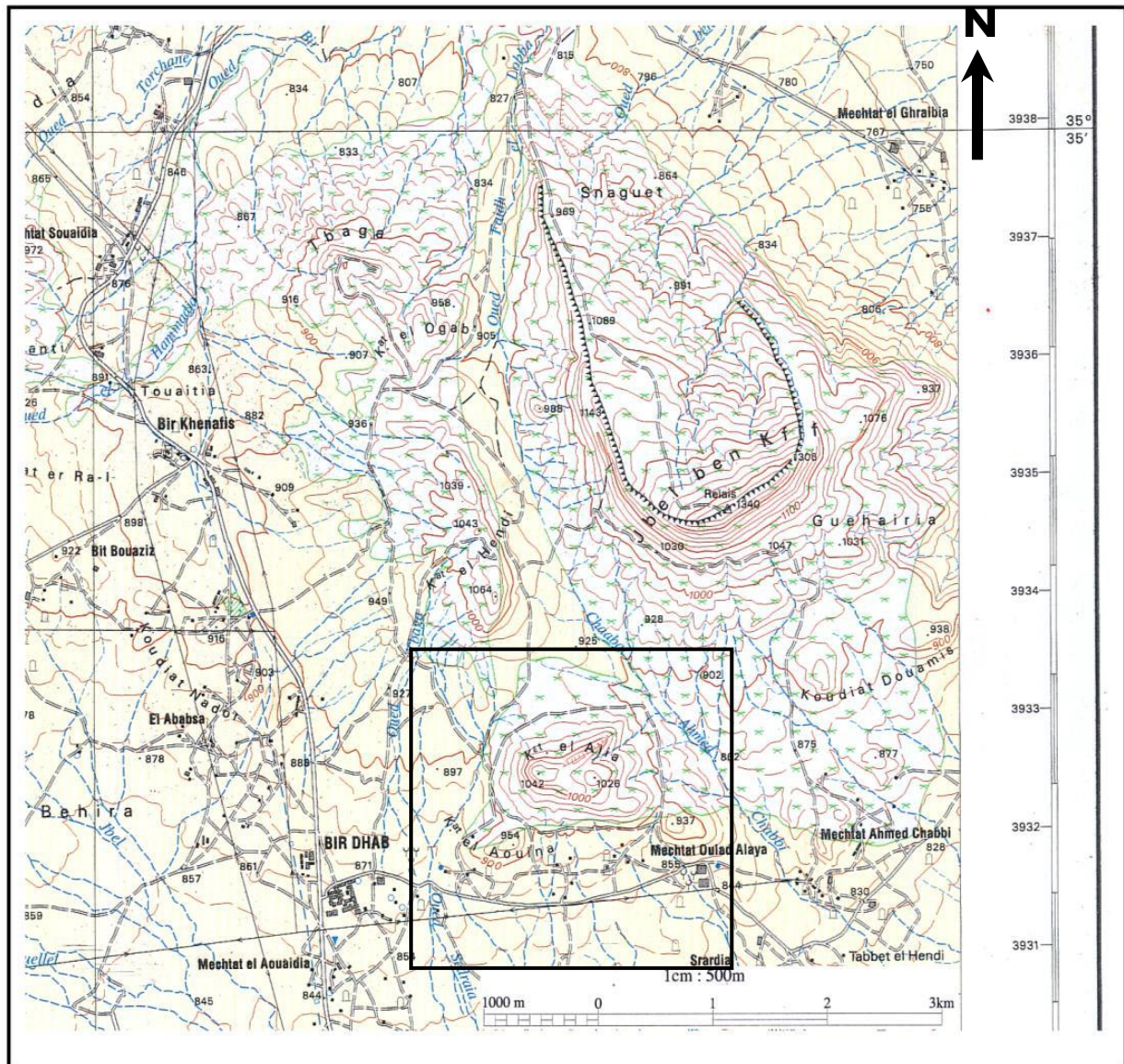


Fig.I.2: Situation géographique de Koudiat El Alia extrait de la carte topographique à 1/50.000 de Meskiana (in Lasni, A et Slimani, S., 2014).

I. 3. Méthodologie, but et objectifs

En sachant que cette zone est potentiellement riche avec des multiples indices polymétalliques répertoriés ou non qui pourraient un jour déboucher sur la mise en évidence de grands gisements économiques, on a élaboré cette étude dans l'objectif global de caractériser les fluides responsables de la mise en place de ces minéralisations à Pb-Zn. Ceci dans le but de confirmer la nature et l'origine des fluides ainsi que le rôle de la tectonique dans la mise en place de ces minéralisations et distinguer les métallotectes qui la contrôlent.

Pour aboutir à cela nous avons adopté le plan suivant :

- Les travaux de bureau préliminaires qu'ont été consacrés à la recherche bibliographique (articles, rapports, thèses, mémoires, cartes topographiques et cartes géologiques) liées à la région et au secteur d'étude.
- Les travaux de terrain ont été consacrés à la reconnaissance géologique du secteur d'étude, au prélèvement minutieux des échantillons couvrant pratiquement tout le secteur d'étude pour la réalisation des études pétrographiques, à l'étude et mesure des éléments structuraux (pendages et direction des failles, diaclases,...) et à la réalisation des coupes géologiques.
- Dernièrement, réalisées aux laboratoires au niveau de l'UMMTO dans le département de géologie, les travaux de laboratoire ont été consacrés à la confection et l'étude macroscopique et microscopique des sections polies, lames minces et des lamelles (pour les inclusions fluides).

I.4. Historique des travaux

Les premiers travaux miniers dans la région de Tébessa remontent à l'époque romaine. Les romains ont exploité les gîtes de plomb, de cuivre et des matériaux de construction (calcaires ocre à Orbitoïdes du Campanien) pour leur architecture monumentale.

Plus tard les arabes s'intéressent au Fer et exploiteront celui de Ouenza (appelé alors Majjanet-El-Maâdin) et ce dès le VI-VIIIème siècle de l'hégire, soit entre le XII-XIVème siècle de l'ère chrétienne. Au 19ème siècle au lendemain de la colonisation, les Français s'intéressent à cette région et dès 1890 de nombreux indices de plomb et de calamine sont reconnus et exploités.

- Plus tard ceux de Dubourdieu de 1949 à 1959 avec la réalisation de la carte géologique à 1/50.000 de Djebel Ouenza. Ses recherches ont abouti à la publication d'une monographie sur la géologie du Djebel Ouenza, ainsi qu'un numéro spécial sur la géologie du Djebel Mesloul.

- Toujours sur les minéralisations ferrières de l'Ouenza, en 1993. Bouzenoune, dans une étude pétrographiques, minéralogiques et géochimiques des carbonates de fer du gisement de l'Ouenza, apporte de nouvelles données et compare les minéralisations de l'Ouenza est ceux des gisements de type MVT (Mississippi Valley Type).

Les travaux effectués dans la région de Koudiat El Alia sont :

- Une étude géologique et gîtologique des minéralisations Zn-Pb de Koudiat El Alia a été réalisée par la Sonarem en 1976 qui est actuellement inaccessible.
- Des travaux d'échantillonnages et lithogéochimiques sur des profils régionaux (Lenartovitch et al 1988).
- Morel F.1955 a fait une étude géologique de djebel Belkif avec une carte au 1/20 000.
- Othmanine (1987) a parlé du gîte de Koudiat El Alia dans son travail de thèse sur la minéralisation autour du fossé de Tébessa-Morsott.
- Une analyse structurale de la bordure sud occidentale de Djebel Belkif a été faite par Rassoul T(1999).
- L'étude microthermométrie des inclusions fluides primaires contenues dans les cristaux de quartz associés aux sulfures et sulfates tardifs dans le secteur d'El Ouasta réalisé par Haddouche, 2003 et Haddouche *et al.*, 2004.
- Une contribution à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations à Pb-Zn, Ba et F dans la région de Méskiana : Exemple des indices d'Es Souabaa et de M'Khiriga. (Atlas saharien oriental, Algérie) a été réalisée par Sami, L., 2004.
- Une étude géologique et gîtologique des minéralisations Zn-Pb de Koudiat El Alia a été réalisée par Hadache et Haddi (2010).
- Caractérisation géochimique des minéralisations à Pb-Zn, F, Ba, Cu, Fe et Hg des confins Algéro-tunisiens a été réalisée par Sami, L., 2011.
- Une étude géologique et gîtologique des minéralisations à Pb-Zn et Ba de Koudiat El Alia, Tébessa (atlas saharien oriental, Algérie) a été réalisée par Lasni, Aet Slimani, S., (2014).

Chapitre II

Géologie Régionale

II.1. Cadre géologique régional

La région d'étude dénommée par Dubourdieu (1956), Monts de Mellègue, fait partie intégrante de l'Atlas Saharien Oriental, qui se poursuit en Tunisie par l'Atlas Tunisien. Il s'agit d'une chaîne de montagne caractérisée par des anticlinaux et synclinaux perchés orientés suivant une ligne directrice SW-NE.

Avant d'entamer l'étude de la géologie du secteur, nous présenterons d'abord les grands traits structuraux et la série stratigraphique de l'Atlas Saharien, des monts du Mellègue et de Tébessa.

II.1.1. Atlas Saharien

L'Atlas Saharien correspond à la chaîne tello-rifaine (alpine), orientée NE-SW et allongée sur plus de 1200km et large de 100 à 200km, elle s'étend de la frontière marocaine jusqu'à la frontière tunisienne, elle se prolonge au Maroc par le Haut Atlas et en Tunisie par l'Atlas Tunisien.

L'Atlas Saharien est constituée d'Ouest en Est par les monts des Ksour (atlas saharien occidental) djebel Amour, les monts des Ouled Naïl (Atlas Saharien central) et enfin les monts des Aurès, Nementchas et les monts de Mellègue (Atlas Saharien oriental) (Kazi-Tani N., 1986, in Bettahar A., 2003) (Fig. II.1).

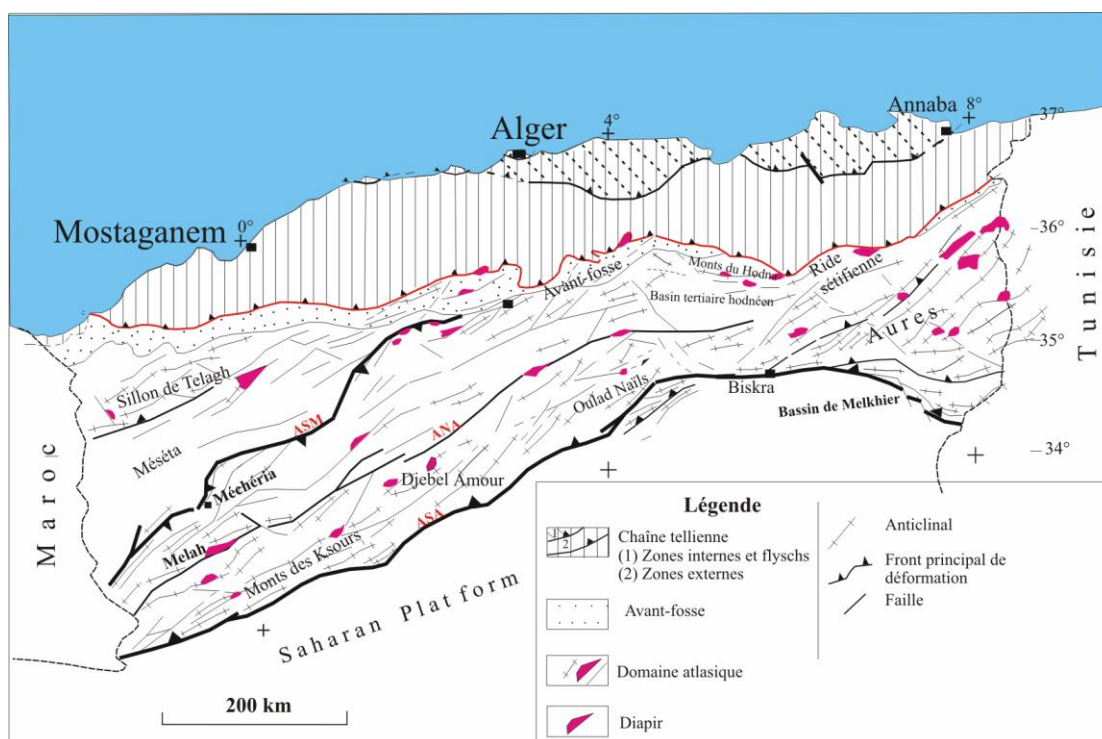


Fig. II.1: Schéma structural du nord de l'Algérie (in Chacha, A., 2004)

La chaîne atlasique prend naissance à partir de l'emplacement d'un sillon unique représentant une chaîne intracratonique (Kazi-Tani N., 1986, in Bettahar A., 2003), elle est bordée par deux accidents majeurs l'un au nord (ANA) et l'autre au sud (ASA).

L'histoire de l'Atlas Saharien a commencé au début de mésozoïque et se caractérise par les événements majeurs suivants :

- Phase de distension allant du Trias supérieur au Lias supérieur.
- Phase de compression pyrénéenne (atlasique), responsable de la structuration du domaine atlasique, la compression orientée N120°-N150°est responsable de l'apparition de structures NE-SW. Cette phase de compression s'est manifestée depuis l'Eocène jusqu'à la période Plio-Quaternaire, sans déceler aucune phase distensive importante pendant cette période (*in* Bettahar A., 2003).

II.1.2. Cadre géologique des confins Algéro- tunisiens

La région d'étude fait partie de l'Atlas Saharien oriental qui est constitué par les monts de Mellègue, les Zibans et les Aurès, Nementchas (Herkat M.,1999), cette zone bien individualisée est structurée depuis le Crétacé inférieur (*in* Salemi-Laouar S., 2004). Elle est située entre la plate forme saharienne au sud et le bassin mobile tellien au nord, cette position explique une grande partie de ses caractères sédimentaires et paléogéographiques :

- Les zones sud du bassin présentent des faciès de plate forme proches de ceux que l'on rencontre dans la série de la Plate Forme Saharienne.
- Les zones nord du bassin Atlasique présentent des séries à faciès marin d'affinité pélagique, comparable à celle du bassin tellien (Herkat M., 1992).

La région de Tébessa ou les monts de Mellègue se trouve au SE des hautes plaines constantinoises, elle est caractérisée par des terrains allant du Trias jusqu'au Quaternaire (Fig. II.2), les formations triasiques se rencontrent dans les parties centrales des structures anticlinales (Sami L., 2011), le Jurassique est absent dans les confins Algéro-tunisien, les terrains les plus anciens reconnus dans la région ont été daté du Barrémien au djebel Harraba (Dubourdieu 1956 *in* Sami L.,2004).

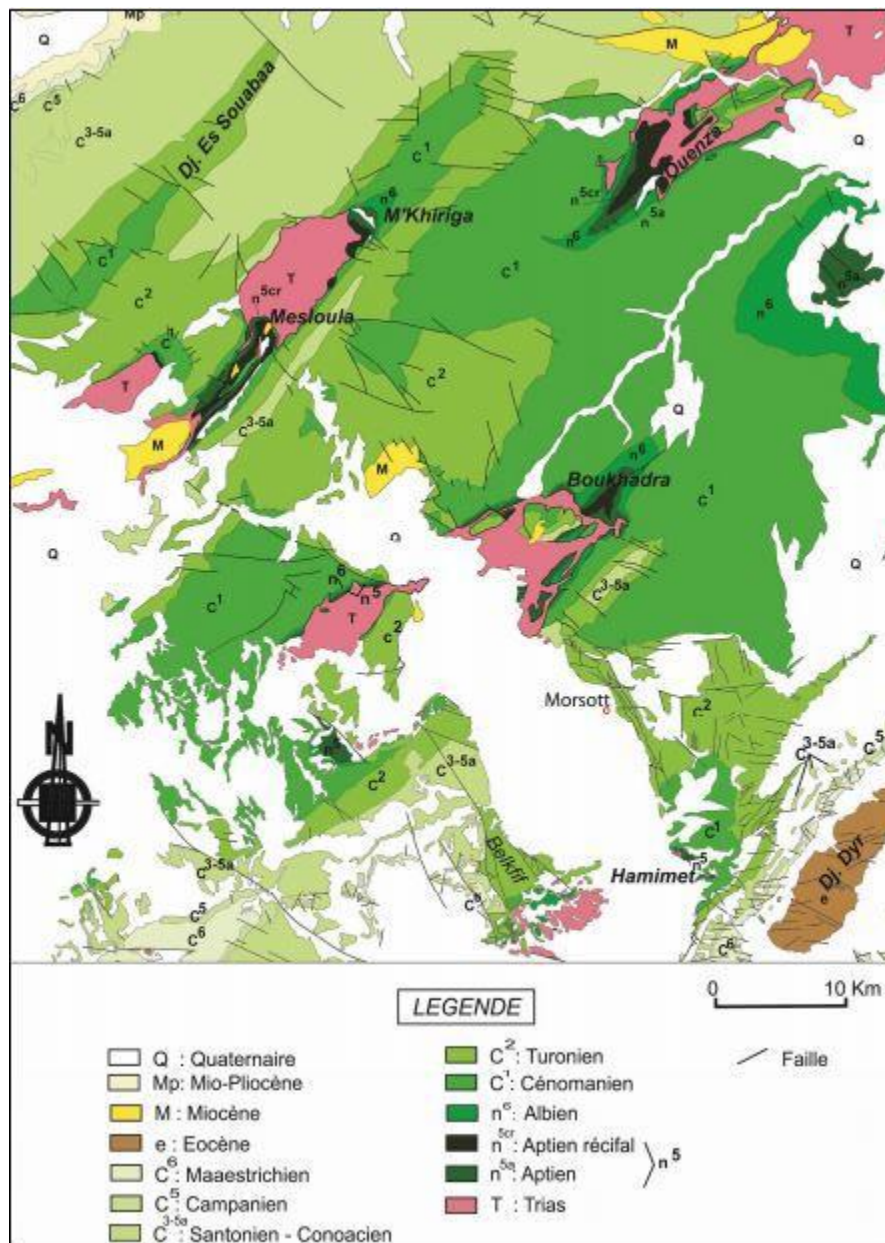


Fig.II.2: Carte géologique de confins Algéro-tunisiens (D'après cartes géologiques au 1/50.000 de Meskiana, Morsott, El Aouinet, Boukhadra, Oued Kébarit et Ouenza) (Sami L., 2011).

II.2 Aperçu litho-stratigraphique

II.2.1 Le Trias :

Ce sont les formations les plus anciennes qui affleurent dans la région (Rassoul T., 1999), caractérisées par la couleur rouge lie de vin (Mermani F., 2009)

Depuis les travaux de Flandrin en 1932, le Trias des Monts du Mellègue est considéré comme étant diapirique. Les formations triasiques se rencontrent dans les parties centrales des structures anticlinales soulevées. Elles constituent des étendues chaotiques, intensément déformées, bréchifiées et écrasées (Sami, L., 2004).

Dans sa grande partie, le Trias est représenté par un mélange d'argiles bariolées, de marnes, de grés et du gypse emballant des blocs de dolomies noirs, de grés micacées, des calcaires, des cargneules et des ophites, riches en grains de quartz bipyramidales et en pyrites. (Dubourdieu 1956, in Sami, L., 2011).

II.2.2 Le Jurassique

Les affleurements jurassiques ne sont pas connus dans la région. Les terrains les plus anciens reconnus dans la région ont été datés du Barrémien au Djebel Harraba par Dubourdieu (1956).

Par contre le Jurassique affleure dans les Aurès, dans le môle constantinois et dans la plate forme saharienne. L'absence des terrains jurassiques dans les confins Algéro-tunisiens est interprétée par la grande puissance des séries anté-apتيennes, qui est le résultat de la subsidence importante qui caractérise le sillon Aurès-Kef (Beghoul, 1974, in Sami, L., 2011).

II .2.3- Le Crétacé

a- Le Barrémien

Les affleurements de cet étage sont rares et exclusivement limités aux parties centrales de certains horst- anticlinaux. L'absence de faune caractéristique ne permet pas de définir avec exactitude les limites inférieure et supérieure de cet étage.

Au Djebel Harraba, il est représenté par plus de 200m de marnes argileuses grises non fossilifères que Dubourdieu (1956) attribue au Barrémien. Au niveau de l'anticlinal de Sidi Embarka à 2Km au SE du Djebel Harraba, Dubourdieu (1956) décrit un Barrémien marnoargileux à intercalations de calcaires argileux, surmonté par un Bédoulien marno-gréseux et calcaro-gréseux (Sami, L., 2004).

b- L'Aptien

Les formations aptiennes se rencontrent souvent dans le noyau des structures anticlinales et au voisinage immédiat des formations triasiques. Elles constituent la majeure partie de tous

les reliefs importants. L'Aptien occupe à lui seul la plus grande partie des affleurements de la région (Ouenza, Mesloul, M'Khiriga, Kef Rekhma et Boudjaber., in Sami, L., 2011).

Ces formations aptiennes sont constituées par une succession de bancs plurimétriques de calcaires dolomités avec des intercalations de bancs d'argiles et de marnes, riche en fossiles (Orbitolines, Rudistes, Echinodermes, tests de Mollusques et de Miliolites). (Sami, L., 2011).

Dans cette région, l'épaisseur totale de cette formation aptienne atteint 700m en moyenne, ce qui traduit une forte subsidence du bassin (Sami, L., 2011).

c- L'Albien

Dubourdieu (1956 et 1959), distingue dans l'Albien trois termes: un premier terme épais de 20 à 50m est constitué par des marnes argileuses jaunes brunâtres riches en Gastéropodes ; un deuxième terme de 100m d'épaisseur constitué par des calcaires noirs à Bélemnites à intercalations marneuses et enfin un troisième terme de 75m d'argiles et de marnes noires bitumineuses à Bélemnites et nombreuses empreintes d'Ammonites, avec de minces intercalations marno-calcaires (Sami, L., 2011).

d- Le Vraconien

Le Vraconien quand à lui est représenté par un faciès argilo-marneux marquant ainsi un changement dans la sédimentation qui était essentiellement calcaire à marnocalcaire jusqu'à l'Albien.

La série représentative de ce Vraconien a été décrite à Boukhadra (Dubourdieu, 1956). Elle comprend une épaisse série de 600m qui ressemble à celle de l'Albien supérieur. Elle est constituée de marnes à passées calcaires et marno calcaires à empreintes d'ammonites. Par contre, à Mesloul, il observe des marnes vertes qu'il n'arrive pas à séparer de celles du Cénomaniens sus-jacent. Et dans certains endroits comme à l'Ouenza et au Djebel Slata, le Vraconien transgressif remanie des éléments triasiques (Sami, 1986 ; Perthuisot *et al*, 1988; Masse et Thieuloy, 1979., in Sami, L., 2011).

e- Le Cénomaniens

Le Cénomaniens des Monts du Mellègue est représenté en majeure partie par des marnes argileuses verdâtres qui atteignent une puissance de 750m à 1100m. Ces dépôts sont tout à fait semblables à ceux du Vraconien supérieur. Ces marnes sont caractérisées par des intercalations de calcite fibreuse décrites sous le nom de « beef ».

Dubourdieu (1959) distingue :

- à la base des marnes jaunes avec des intercalations marno-calcaires blancs feuilletées;
- au sommet des calcaires argileux gris blancs, contenant quelques niveaux de calcaires gris noir, très durs. Ces intercalations présentent le plus souvent un caractère lumachelliques renfermant beaucoup d'Huîtres, des Lamellibranches et des Gastéropodes (Sami L., 2004).

A l'approche du Turonien, la sédimentation change rapidement en même temps que disparaissent les fossiles. Les marnes argileuses sont remplacées par des couches chargées en carbonate de chaux (Duboudieu, 1956).

La limite supérieure du Cénomaniens est difficilement distinguable, néanmoins, Dubourdieu (1956) pense que cet étage se termine par 75 à 150m de calcaires (Sami, L.,2004).

f- Le Turonien

Sa puissance est d'environ 320m, il comprend de bas en haut:

- Une partie inférieure d'environ 70m, formée de marno-calcaires gris en petit bancs et marno-calcaires en plaquettes riches en empreintes d'Inocéramus.
- Une partie moyenne de 100m d'épaisseur, composée par des calcaires beiges ou roses et de dolomies ou calcaires dolomitiques.
- une partie supérieure de 150m d'épaisseur composée de marnes noires gypsifères, des marno-calcaire gris en plaquettes, riches en ammonites, huitres et divers lamellibranches (O.R.G.M 1999. In Slimani et Lasni., 2014).

g- Le Sénonien

Sénonien inférieur (coniacien –santonien)

Le Sénonien débute par une formation de calcaires marneux et de marnes de puissance ne dépassant pas les 300m (Dubourdieu, 1959);

Sénonien supérieur (Campanien-Maastrichtien),

Qui débute par des calcaires marneux du Campanien qui passent à des marnes gypsifères et se terminent par des calcaires massifs à rognons de silex riches en Inocéramus du Maastrichtien. D'épaisseur variant de 200 à 600m, visible au sud de Tébessa (Sami, L., 2011).

II .2.3- Le Miocène (Néogène)

Le Miocène, est peu épais dans la région (100m). Il affleure à Ouenza et à Mesloulia ainsi qu'au Nord de Morsott. Il débute par une formation marine transgressive et discordante sur les terrains crétacés. Elle comprend des calcaires roux, suivis de marnes argileuses de couleur verte devenant rouge foncé et enfin par des argiles à intercalations de grès grossiers (Sami, L., 2011).

II .2.4- Le Plio-Quaternaire

Enfin les plus anciennes formations continentales appartiennent au Quaternaire supérieur (Dubourdieu, 1959). Celui-ci est représenté essentiellement par des dépôts argileux et conglomératiques (Sami, L., 2011).

Il est à noter qu'aucun dépôt Pliocène ou Pléistocène ancien n'a été observé dans la région. Selon Dubourdieu (1956 et 1959), ce phénomène serait à mettre en relation avec une surrection régionale suivi d'une érosion intense à cette époque.

Ces formations quaternaires constituent la plus grande partie du comblement du fossé d'effondrement Morsott - Tébessa dont l'épaisseur est estimée à plus de 170m. (Sami,L, 2004).

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique
CENOZOIQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.
	Paléogène	Miocène	 ⑤ 10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.
		Eocène	 200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.
	CENOZOIQUE	Maest.	 250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
		Campan.	 500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		Con-Sant.	 500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
		Turo.	 180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		Cénom.	 900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
		Vracon.	 500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		Albien	 480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
		Clans	 100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
		Aptien	 300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
		Barrém.	 ① < 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulou).
	Jurassique	 ?		
	Trias	 ?	< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.

Fig.II.3: Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue(D'après : Dubourdiou 1956, 1959 ; David 1956; Madre 1969 ; Fleury 1969 ;Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 etVila et al2000., in Sami, L., 2011).

II .3. Aspect paléogéographique et structurale

Les monts du Mellègue sont constitués d'un ensemble de massifs structuralement orientés NE-SW. Cette structure est le résultat d'un long processus dont les différentes étapes sont constituées par l'accumulation d'épaisses séries sédimentaires, la subsidence, le percement et l'ascension des formations triasiques (diapirisme polyphasé), le plissement et la création du fossé d'effondrement. Ce sont là les principaux traits structuraux qui résultent des mouvements tectoniques (distension et compression) de la région, depuis l'Aptien jusqu'à l'Actuel (Salmi-Laouar S, 2004. in Slimani et Lasni., 2014).

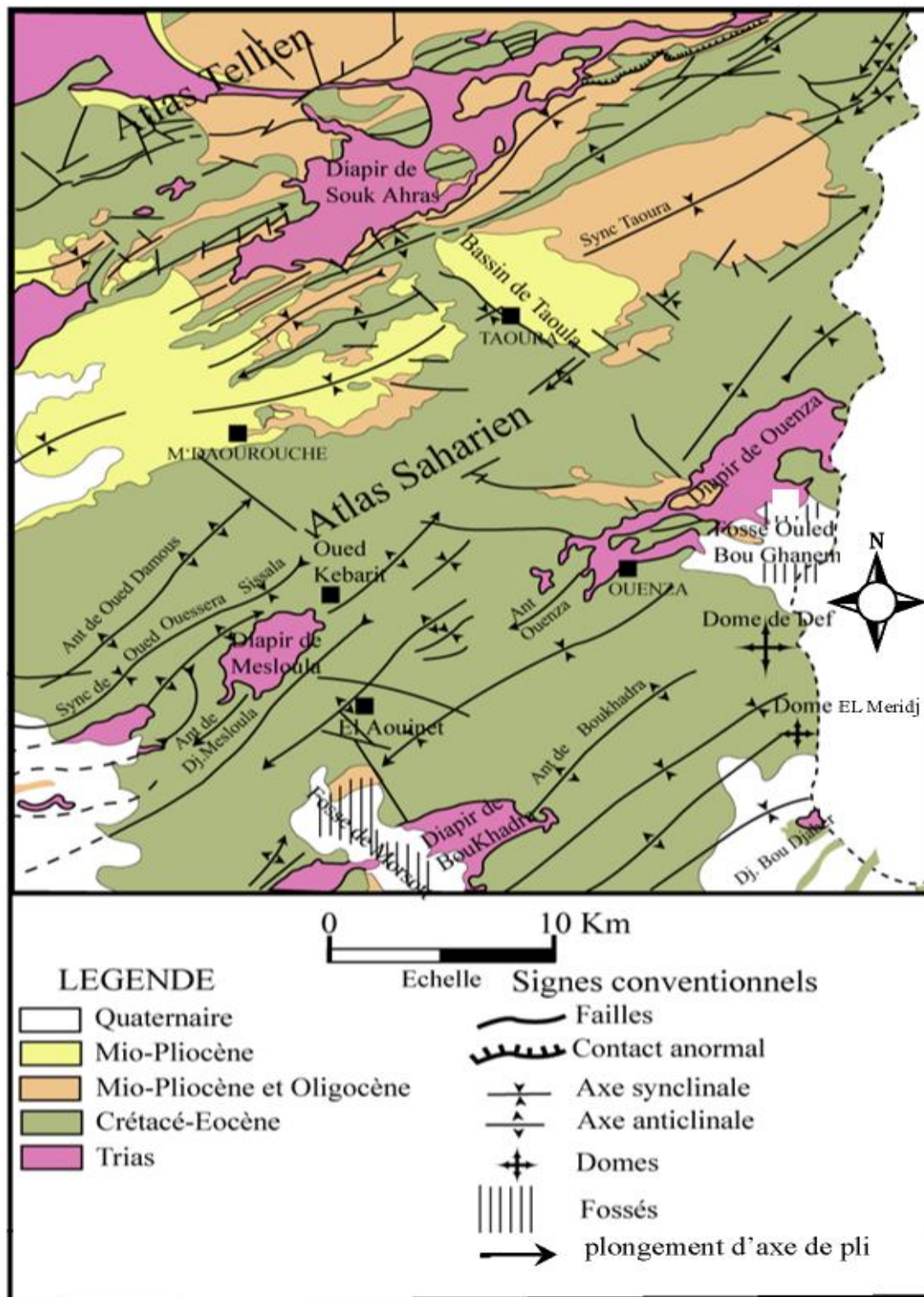


Fig.II.04 : Schéma structural des confins Algéro-tunisiens (Sami, L., 2004).

II.3.1 La subsidence

Les dépôts post triasiques et ante –Barrémien dans la région des monts de Mellègue sont absents, cela est due probablement à la grande subsidence ante-aptienne. Cette subsidence

est expliquée par une tendance générale à la distension qui facilite les transgressions marines et qui permet l'accumulation de puissantes séries sédimentaires (Vila, 1980). Lors de l'activité diapirique, des perturbations dans la sédimentation ont été enregistrées dès l'Aptien, cette activité diapirique est soulignée par la création de hauts fonds sur les quelles s'est déposée une sédimentation carbonatée subrécifale. Ces hauts fonds peuvent subir des émergences qui se traduisent par le biseautage des couches, par des lacunes de dépôts et des hiatus stratigraphique qu'on trouve même en sondage (Bouzenoune, 1993 in Hadache, N et Kadi, K., 2010).

II.3.2 Diapirisme des formations triasiques

Les confins algéro-tunisiens ont connu une activité diapirique qui s'étend du Crétacé au Tertiaire et même au Quaternaire.

Les pointements triasiques affleurent sur une bande de 80 Km de long sur une large bande de direction NE-SW (fig.II.4)

Ces pointements triasiques sont considérés comme diapirique pour certains auteurs comme, Dubordieu (1956 et 1959) ; Thiébéroz et al., (1976) ; Bouzenoune (1993) ; et Bouzenoune et al.,(1995).

Par contre Vila et ces collaborateurs interprètent une partie de ces pointements comme étant des glaciers de sel sous marin à matériel triasique resédimenté.

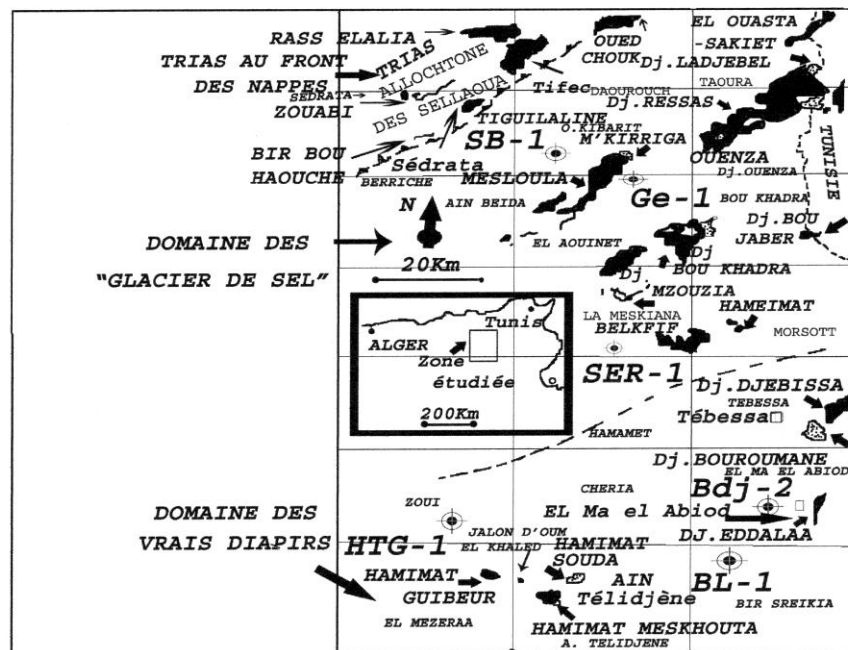


Fig.II.5 : Délimitations des domaines triasiques dans les confins Algéro-tunisien (Vila, 1994.in Salmi-Laouar S., 2004).

II.3.3 Les plissements

La zone des diapirs des confins algéro-tunisiens est caractérisée par des plis d'orientation NE-SW, qui présentent de légers changements de direction. Ces plis sont souvent interrompus par les accidents bordiers des fossés d'effondrement (Vila, 1980 ; Bouzenoune, 1993 ; Sami L, 2011). L'âge exact de ces plissements est très discuté, il est compris entre l'Eocène et le Miocène marin (Dubourdieu *et al*, 1950., Dubourdieu, 1956; Blès *et al*, 1969., Vila, 1980; Kazi Tani, 1986., in Sami L, 2011).

II.3.4 Les fossés d'effondrements

Les fossés d'effondrements sont orientés NW-SE à EW, qui sont le résultat d'une activité tectonique distensive post-Miocène inférieur. Ces fossés sont comblés ultérieurement par des dépôts quaternaires (Salmi-laouar.,2004), Ils sont bordés par des accidents majeurs à valeurs de failles normales ayant un rejet différent d'un fossé à un autre, de 100 à 400 m dans le fossé de Tébessa - Morsott, de 1700 m dans celui de OuledG hanem (Dubourdieu *et al*. 1950 ; Sami L., 2004 in Slimani,S et Lasni,A., 2014).

II.3.5. La fracturation

Une carte de fracturation a été établie par Sami,L., 2011 à partir du report systématique de toutes les fractures repérées sur photographies aériennes au 1/50.000 et 1/20.000. Cette étude lui a permis d'établir une trame dense de la fracturation représentée par la fig.II.6. En plus de cela, une série de plus de 3000 mesures a été relevé sur le terrain et la représentation de ces mesures à partir d'une trame dense de fracturation, nous donne la rosace de direction de linéaments (fig. 8).

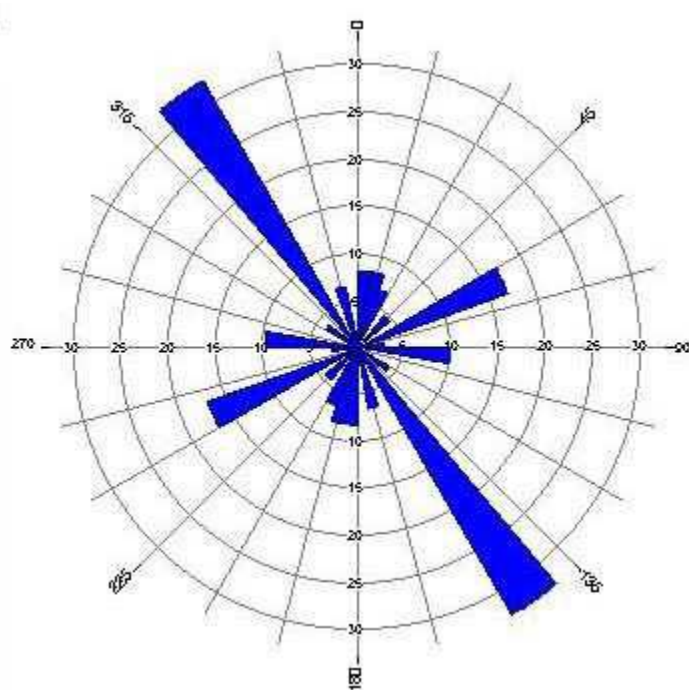


Fig.II.7 : Analyse quantitative de la fracturation du secteur de l'Oued Kébarit (Sami,L., 2011).

L'analyse de ces observations a mis en évidence, 04 classes de directions :

- Classe A : NW-SE (N120-N140)
- Classe B : NE-SW (N040-N060)
- Classe C : E-W (N080-N110)
- Classe D : N-S

Plusieurs phases tectoniques ont affecté cette région des diapirs. Selon Otmanine (in Sami, L., 2011) ces phases peuvent être divisées en phases anté-tertiaires et phases tertiaires.

i/ Les Phases anté-tertiaires Elles sont représentées par :

a- la phase Vraconienne est **une phase en extension** de direction NE-SW, d'âge Aptien supérieur-Vraconien et Cénomaniens inférieurs (Chihi, 1984 et Chihi et al, 1984). Cet épisode se traduit par des failles normales synsédimentaires.

b- la phase Cénomaniennne est **une phase de compression**. Cette phase se manifeste par des décrochements qui se traduisent par un raccourcissement NE-SW.

c- Une troisième phase d'extension NE-SW d'âge Turonien inférieur à moyen qui développe des failles normales. Kazi Tani, (1986), signale **une phase Emscherienne** dans l'Atlas saharien, cette phase édifie des plis NW-SE (in Sami,L., 2011).

ii/ Les Phase Tertiaires sont représentées par :

a- La phase atlasique ou phase fini-Eocène (Kazi Tani, 1986), **cette phase compressive** édifie les plis de direction NE-SW et ENE-WSW.

b- La phase distensive Oligo-Miocène, elle est postérieure à la phase atlasique, elle serait responsable de la création des grabens au nord des Aurès (Kazi Tani, 1986).

c- La phase Miocène inférieur, il s'agit **d'une phase compressive**, connue dans le Tell septentrional ou elle caractérise les structures E-W. Dans l'Atlas saharien elle est interprétée comme une déformation décrochante NNW-SSE.

d- La phase Quaternaire (Pliocène), c'est **une phase distensive** qui aurait provoqué le redressement des couches Plio-villafranchiennes sur les bordures des fossés de Morsott (Blès et Fleury, 1969). Chihi (1984), Philipe et al.,(1986) dans leurs études autour du fossé de Kasserine montrent l'existence d'une phase compressive au plio-villafranchien, qui réactive les structures de la phase atlasique, suivie par une phase décrochante distensive au quaternaire récent. (in Sami, L., 2011).

Chapitre III

Géologie locale

III .1 Introduction

Koudiat El Alia est située au sud de djebel Belkfif. Elle constitue un petit monticule allongé selon une direction E-W (Fig. III.1) et est situé à l'extrémité orientale de l'Atlas saharien et à une dizaine de Km de la ville de Tébessa au NE du village de Bir D'Heb.

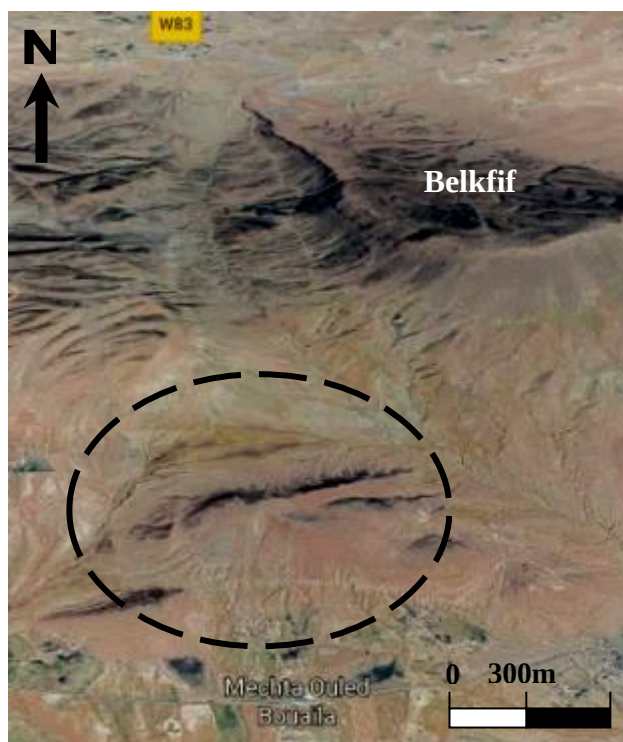


Fig.III.1 : Image satellite de Koudiat El Alia (Google Eearth).

III.2 Lithostratigraphie

Les formations qui affleurent dans ce petit massif sont représentées essentiellement par des terrains du Cénomanién et du Turonien. Dans un voisinage immédiat, on retrouve aussi des chicots triasiques en contact anormal avec les calcaires et les calcaires dolomitiques de l'Aptien.

III.2 .1 Le Trias

Il affleure au Sud et au NE de Koudiat El Alia, sous forme diapirique au cœur des structures anticlinales. Cette formation est représentée par une structure chaotique constituée d'argiles versicolores, marnes, grès et gypse emballant des blocs de dolomies beiges à patine brunâtre teintées par des oxydes de fer (qui se présente sous forme de chicot limité au nord par une faille subverticale) (Fig.III.3), de grès micacé, de calcaires, de cargneules et des ophites. Il est aussi en contact anormal avec l'Aptien (Fig.III.2).

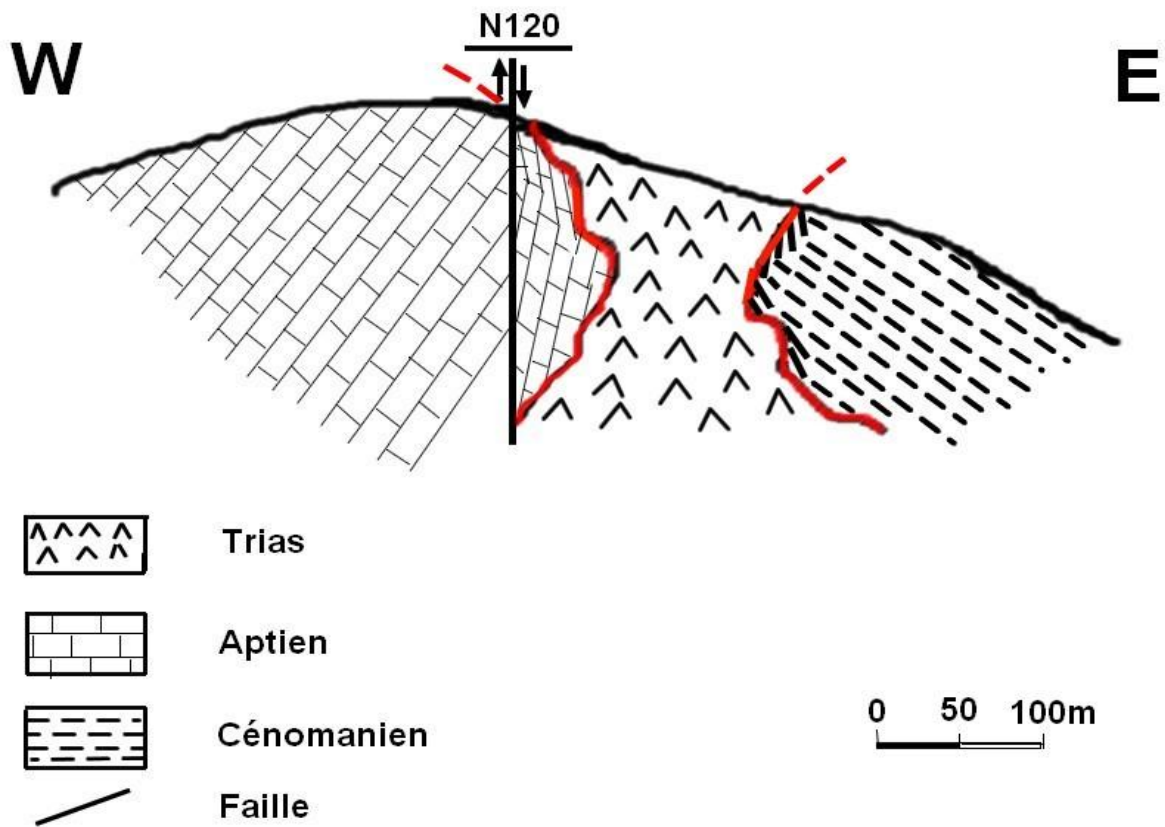


Fig.III.2 : Schéma simplifiée du Trias diapirique en contact anormal avec l'Aptien.



Fig.III.3 : Dolomies beiges à patine brunâtre, teintées par des oxydes de fer.

III.2.2 L'Aptien

Il est généralement subdivisé en trois parties :

a- La partie inférieure :

Elle est constituée essentiellement de marnes argileuses jaunes à grisâtre intercalée de bancs décimétriques de grès et des calcaires à débris de fossiles (Orbitolines, Globigérines, Echinodermes et Polypiers).

b- La partie médiane :

Elle est composée de calcaires gréseux et des calcaires microsparitiques à bioclastes très riches en fossiles benthiques.

c- La partie supérieure :

Elle est représentée par une succession d'une alternance de marnes argileuses jaunes avec des bancs de calcaires par fois dolomitisés.

Dans notre terrain, l'Aptien affleure en contact anormal avec les dolomies triasiques, il est délimité au sommet par un grand décrochement de direction NW-SE. Il est composé de lambeaux de calcaires dolomitiques souvent plissés et faillés à remplissage de calcite (fig.III.4), ces calcaires dolomitiques deviennent plus massifs au sommet.



Fig.III.4: Les dolomies plissées de l'Aptien.

III.2.3 Le Cénomanien

Le Cénomanien de Koudiat El Alia est constitué par une assise composée essentiellement par des marnes d'environ 700m d'épaisseur, de couleur grise verdâtre foncée, parfois gypsifère (Fig.III.5), à nombreux filons de calcite, riches en faunes (débris de gastéropodes, bivalves, les huîtres et les échinodermes). Cette formation est intercalée par des

lumachelles, caractérisées par l'abondance et la richesse de la faune (Bivalves, Echinodermes, Gastéropodes, Lamellibranches) (Fig.III.6). La formation marneuse présente une texture cône in cône.

Le passage Cénomanien Turonien est représenté par le faciès Bahloul (des calcaires marneux noirs riches en matières organiques) (Fig. III.7). Les calcaires de ce faciès (Fig.III.8) sont de couleur brun foncé à noir qui devient de plus en plus dures avec des cassures conchoïdales, plus massif et moins lités.

Le sommet de ce faciès est représenté par une intercalation de fines lamines de calcaire (millimétriques à décimétriques) dans les argiles.



Fig. III.5 : Marnes gypsifère du Cénomanien



Fig.III.6:Marnes à intercalations de bancs lumachelliquescalcaires en boule riche en bivalves du Cénomanien.



Fig. III.7 : Faciès Bahloul (des calcaires marneux riches en matières organiques).



Fig.III.8 : Les calcaires marneux du faciès Bahloul.

III.2.4 Le Turonien

a- Le Turonien inférieur :

Il est constitué à la base par des marnes massives à débit en frite (Fig.III.9), elles sont surmontées par des calcaires graveleux (Fig.III.10) et des bancs de calcaires et de marno-calcaires fins et durs, traversés par des filons de calcite à gros grains à débit rhomboédrique de direction N120 75°NE(Fig.III.11).

Une coupe schématique montre le jeu en faille normal des bancs calcaires massifs du turonien (Coupe.III.1).



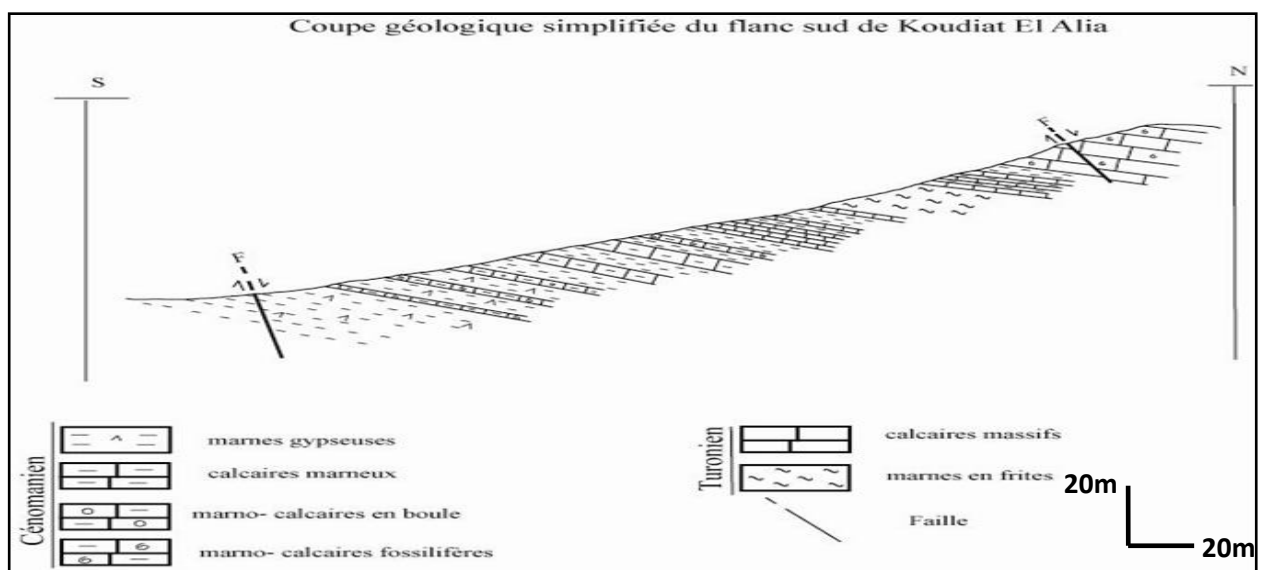
Fig.III.9 : Les marnes massives à débit en frite du Turonien inférieur.



Fig.III.10 :Calcaires graveleux du Turonien inférieur.



Fig.III.11 :Calcaires et marno-calcaires du Turonien traversés par des filons de calcite.



Coupe.III.1. Coupe schématique simplifiée du flanc sud de Koudiat El Alia (Hadache, N et Kadi, K., 2010).

Les sondages SBL5, SBL6, SBL7, ont été effectués dans l'extrémité Est de Koudiat el alia et atteignent le Turonien inférieur à des profondeurs de 128,10m, 97m, 177,56m successivement, tandis que le sondage SBL4 l'atteint à une profondeur plus grande qui est de 185,80m (Fig.III.12).

Les failles NW-SE sont accompagnées de bréchification, dolomitisation et minéralisation des calcaires de cet étage.

b- Le Turonien supérieur :

Il constitue le relief principal, il est représenté par des gros bancs de calcaires durs et massifs de 3 à 4 m d'épaisseur fossilifères et riche en calcite. L'épaisseur moyenne de cet étage est de 30 à 40 m.

III.2.5 Le quaternaire :

Il est représenté par des limons caillouteux, des calcaires, des alluvions récents et des éboulis de pente.

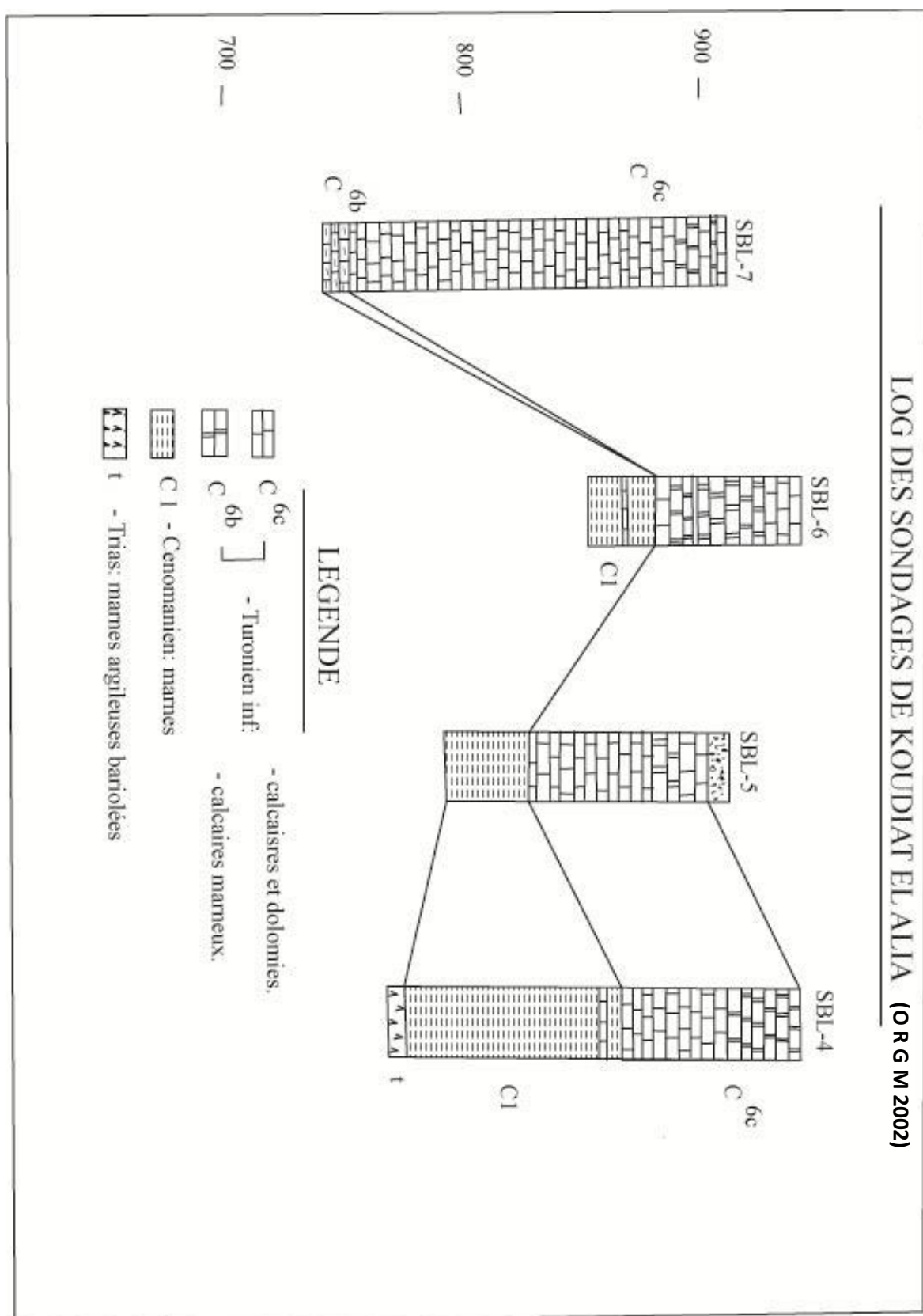
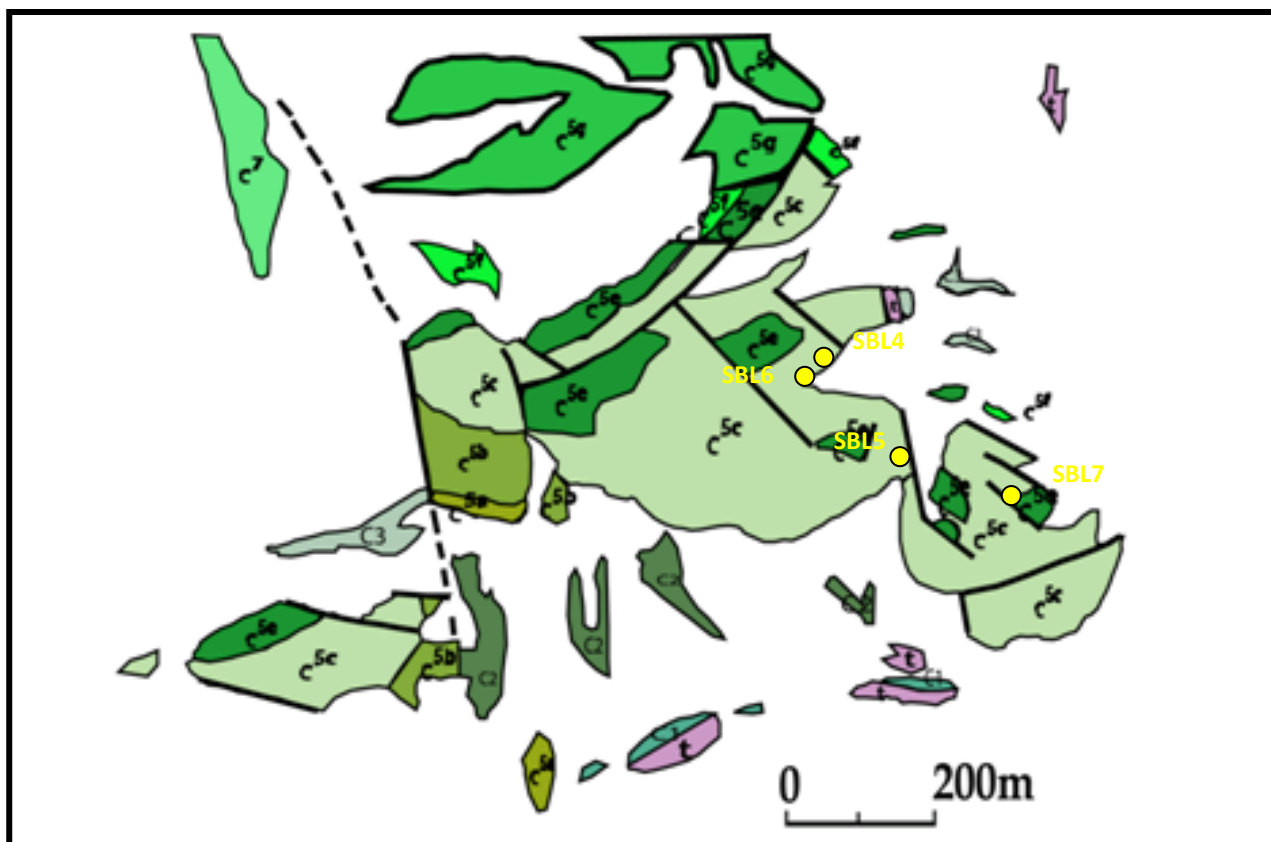


Fig.III.12 : Log des sondages de Koudiat El Alia (ORGM, 2002 in Hadache, N et Haddi, K.,2010).

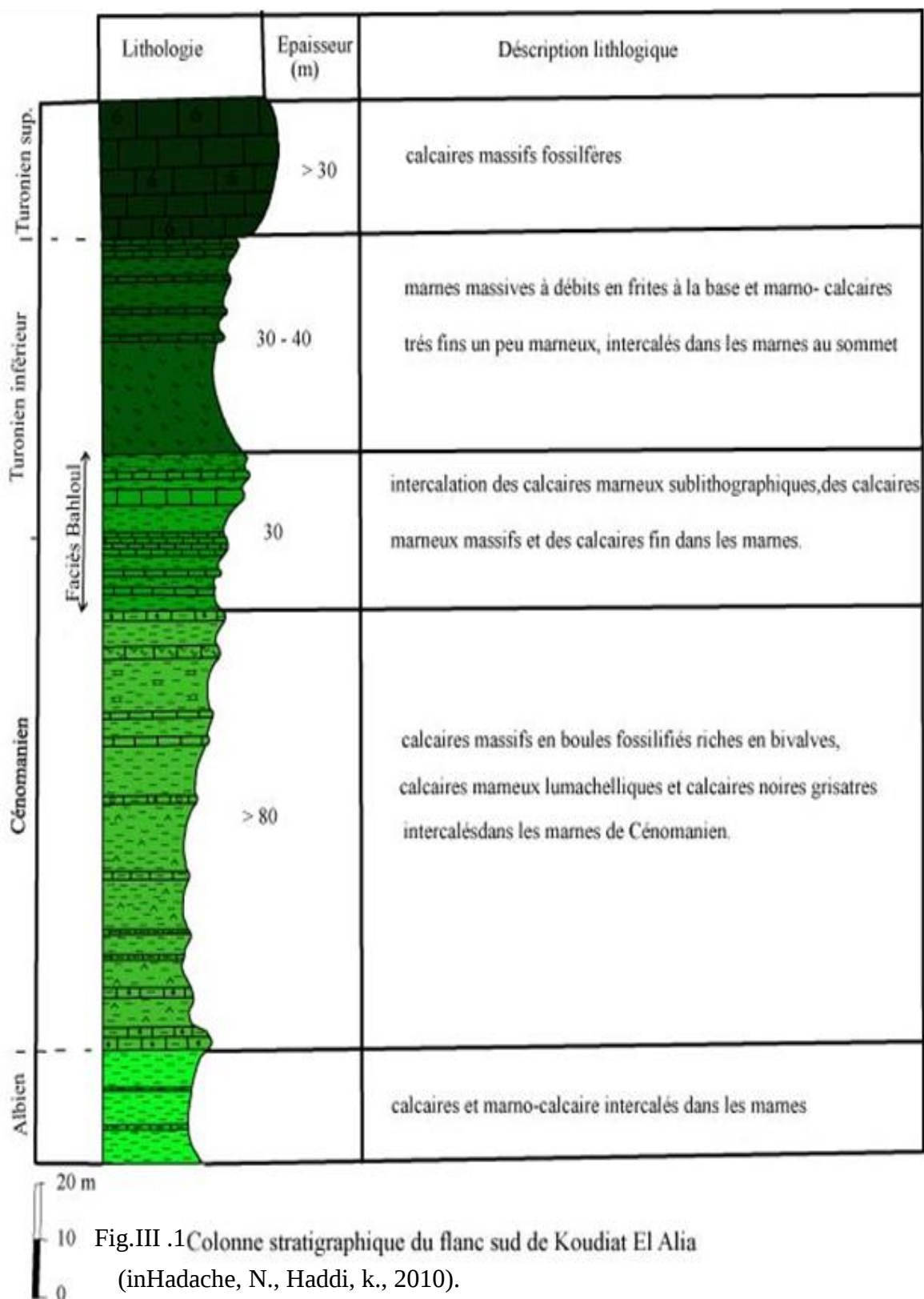


Légende

C^7	Santonien	C^{5a}	Calcaire en plaquette Turonien
C^{5g}	Marnes à Plicatules	C3	Cénomanien supérieur
C^{5f}	Marnes noires	C2	Cénomanien inférieur
C^{5e}	Calcaires et marnes	C1	Aptien
C^{5c}	Calcaire compact	t	Trias
C^{5b}	Calcaire marneux		Faille

Fig.III.13 : Position des sondages dans la carte géologique de Koudiat El Alia

(Morel, F., 1956).



III.3 La Tectonique

Deux grandes failles majeures de direction NW-SE et NE-SW recoupent Koudiat El Alia. Ces failles disloquent les barres de calcaires en différents blocs (Fig. III.15), les failles NE-SW ont pour effet d'abaisser les blocs vers le SE qui se traduisent par une bréchification, dolomitisation et minéralisation et un grand décrochement qui sépare Koudiat El Alia de Koudiat El Aouina (Fig. III.16).

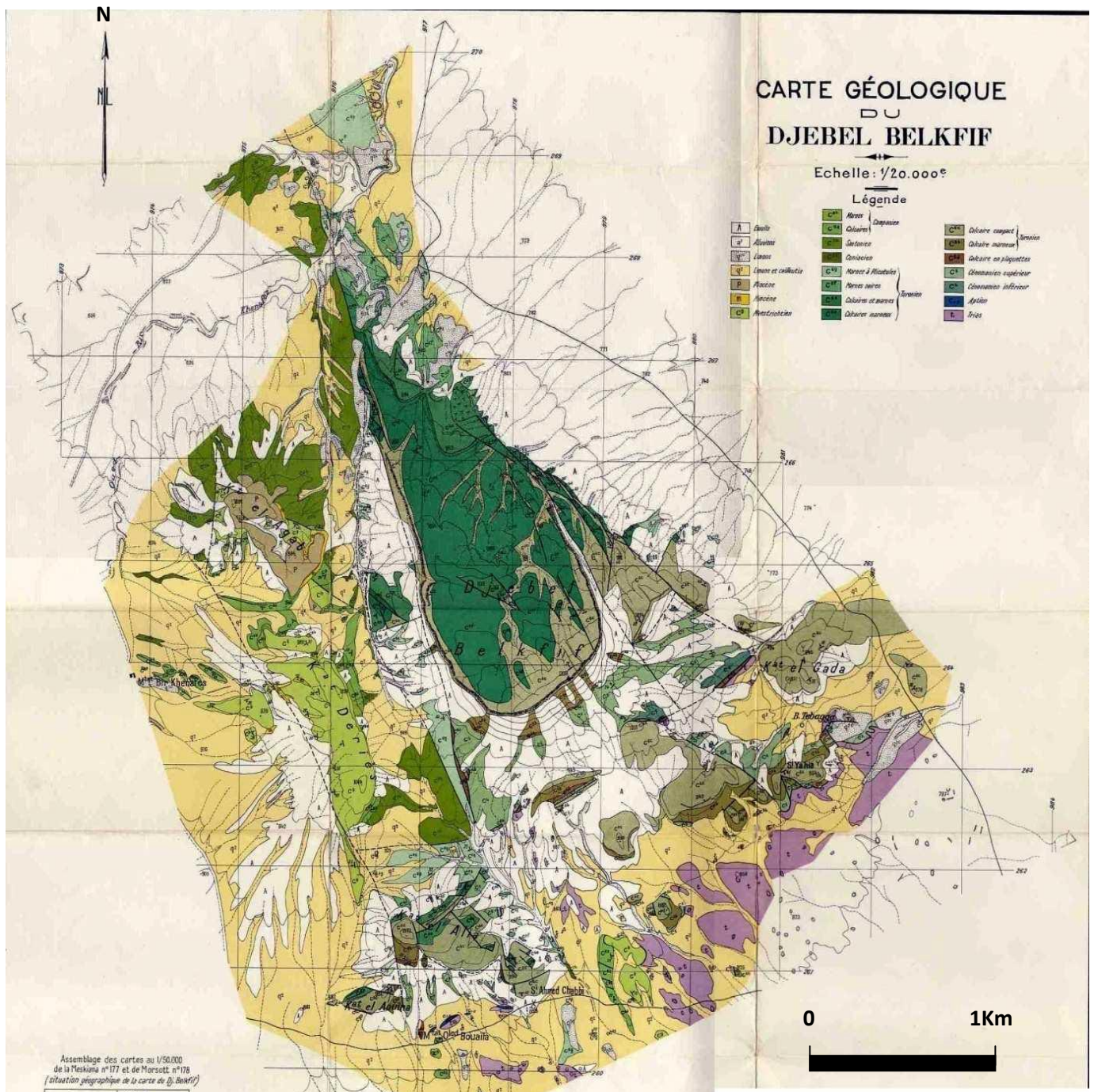


Fig.III.15: Les failles majeures qui affectent la région de Koudiat El Alia (Morel, F., 1955).

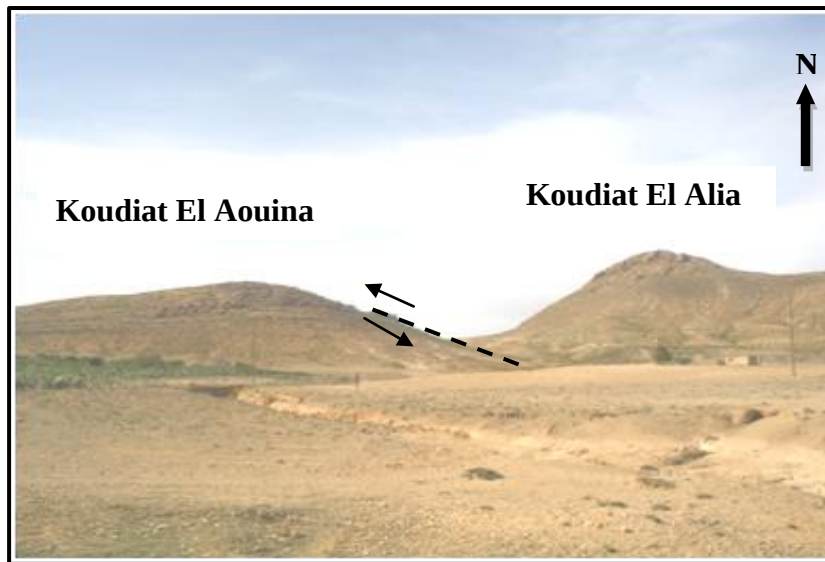


Fig.III.16 : Un décrochement dextre qui sépare Koudiat El Aouina
de Koudiat El Alia.

A partir du report systématique de toutes les fracturations repérées sur photographies aériennes au 1/20.000 et 1/50.000 de djebel Belkif y compris Koudiat El Alia une carte de fracturation a été établie par Sami, L ce qui a permet d'établir une trame dense de la fracturation représentée par la Fig.III.17.

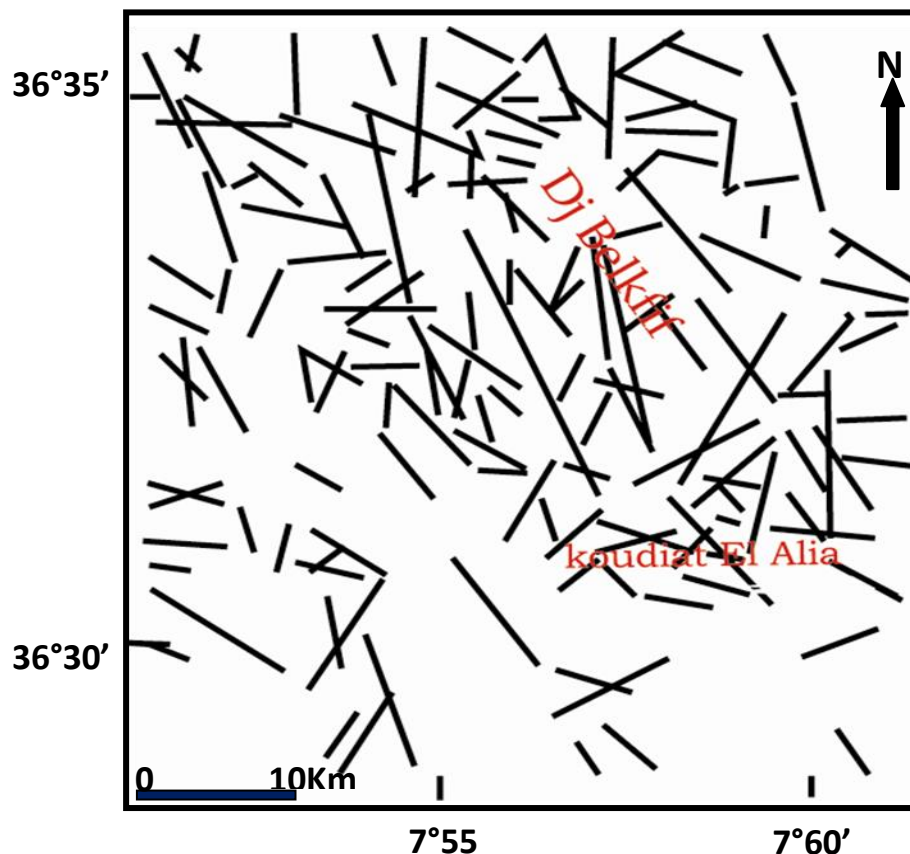


Fig .III.17 : Trame dense de la fracturation d'après l'étude
des photographies aériennes au 1/20. 000 (Sami, L., 2011).

A partir de cette trame dense de fracturation les mesures de 153 fractures sont représentées statistiquement selon une rosace (Fig.III.18).

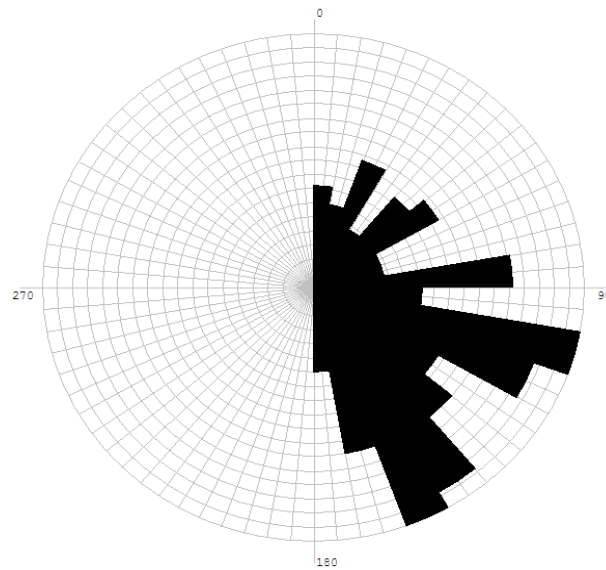


Fig.III.18 : Rosace des fractures au niveaux de Djebel Belkfif (Sami, I., 2011).

L'examen de cette rosace montre les classes suivantes NW- SE, E-W et NE- SW.

a- La classe NW- SE :

Etant la plus importante, elle correspond à la direction des fossés d'effondrement, matérialisées par une famille de décrochement (Fig.III.16) et par une famille de faille normale (Fig.III.20) de direction N120, N140 et N160 accompagnée de bréchification, dolomitisation et minéralisation des calcaires du Turonien inférieur.

Ces fractures sont rapportées à la phase Fini-Eocène communément appelée phase atlasique, responsable des structures plicatives dites « atlasiques » (in Hadache, N., Haddi, K., 2010), de direction NE-SW et du développement des fractures de direction NW-SE.



Fig.III.19 : Fractures N120 minéralisés en calcite III et galène qui recoupent la fracture N30 minéralisées en calcite II.

b- La classe E-W :

Cette classe est matérialisée par des failles de direction N70 N95, elles sont à remplissage tardif de calcite pyritisée et altérée (Fig.III.20).



Fig.III.20 :Fillon E-W minéralisée en calcite pyritisée et altérée.

c- La classe (NE- SW) :

Elle est de moindre importance, matérialisée sur le terrain par des décrochements et une famille de failles normales séparant les barres de calcaires en différents blocs, et sont souvent à remplissage de calcite (Fig.III.21). Ces failles ont pour effet d'abaisser les blocs vers le sud-est. Cette classe est aussi matérialisée par une brèche hydraulique reprise par une autre fracturation (Fig.III.22).



Fig.III.21 : Faille normale à remplissage de calcite.



Fig.III.22: Brèche hydraulique suivi par une autre fracturation.

III.4 Conclusion

Koudiat El Alia étant notre région d'étude se caractérise par une géologie riche. Du point de vue lithologique les formations sont représentées essentiellement par des marnes et marno-calcaires du Cénomaniens, des dolomies du Turonien qui sont parfois bréchifiées et minéralisées en **sphalérite** et **galène**, l'Aptien et le Trias sont peu développés. Du point de vue tectonique, un grand décrochement à l'ouest de ce monticule, décale les calcaires du Turonien où ils forment Koudiat El Aouina.

Chapitre IV

Gitologie

IV. Introduction :

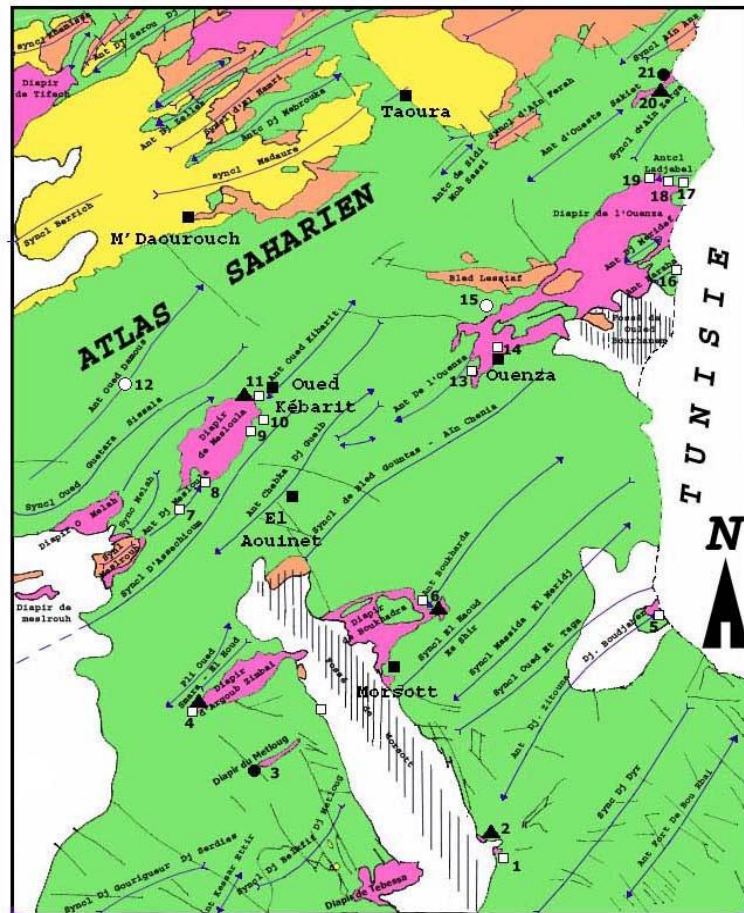
Les concentrations polymétalliques et/ ou ferrifères dans la région de Tébessa sont encaissées généralement dans les formations du Crétacé. Elles sont contrôlées par des facteurs lithologiques (calcaires récifaux, les calcaires dolomités) et facteurs structuraux (diapirs, fractures ouvertes, méga-fentes, filons, etc.....) (Salmi-Laouar S., 2004), (Fig. IV.I).

Les minéralisations à Pb- Zn (F, Ba) et Fe sont encaissées généralement dans les formations carbonatées d'âge aptien et turonien, le plus souvent dans les calcaires et calcaires dolomitiques. Les minéralisations montrent des morphologies variées ; elles sont classées en quatre types selon Aoudjehane (1991).

- **Filons distaux par rapport aux intrusions évaporitiques ;**
- **Amas d'imprégnation et remplissage de cavités au contact diapir-couverture ;**
- **Amas d'imprégnation et remplissage de fissures dans des marno-calcaires du Crétacé supérieur et dans les zones dolomitées du Turonien près des extrusions du Trias ;**
- **Amas d'imprégnation et remplissage de vide dans les calcaires néritiques, plus ou moins silicifiés et dolomités de l'Aptien supérieur, de l'Albien inférieur, sous l'incorfonité vraconienne.**

Cependant, l'analyse géométrique de ces minéralisations montre en fait 02 types morphologiques distincts:

- (1)- sous forme filonienne (veines et fractures), distantes ou juste à proximité des extrusions triasiques;
- (2)- sous forme d'amas d'imprégnation et de remplissage de cavités au contact diapir/couverture.



1-Hameimat nord; 2-Hameimat sud; 3-Koudiat El Alia; 3-M'Zouzia; 5-Boudjaber; 6;Boukhadra; 7-M'Zeita;8-Mesloul; 9-Kef Rakhma; 10-Petit Boudjabeur; 11-M'Kririga; 12-Es Souabaa; 13-Koudiat El Kakhkouh; 14-Ouenza; 15-Koudiat Ressas; 16- Harraba; 17-Dj Ledjebel; 18-Dj. Chegguet; 19-Medjene; 20-Remaid; 21-Ouasta.

LEGENDE

- | | |
|---|---|
| Quaternaire et Plio-Quaternaire | Faille |
| Mio-Pliocène | Contact anormal |
| Miocène et Oligo-Miocène | Axe anticlinal |
| Crétacé et Eocène | Axe synclinal |
| Trias | |
| Filons minéralisés | Amas d'imprégnations et remplissage de cavités au contact Diapir-couverture |
| Amas d'imprégnations et remplissage des fissures dans les marno-calcaires du Crétacé sup. | Amas d'imprégnations et remplissage des vides dans les calcaires Aptiens, Albiens |

Fig. IV.I : Répartition des gîtes et indices minéralisés dans les confins algéro-tunisiens (Sami, L., 2011)

IV.2. Minéralisation du secteur d'étude :

La minéralisation dans la région de Koudiat El Alia est essentiellement plombifère (galène) et zincifère (sphalérite), observée au niveau des galeries de recherche réalisées par l'O.R.G.M. Elle se trouve dans l'intersection des deux grandes failles, encaissées dans les calcaires du Turonien (Fig. IV.II).

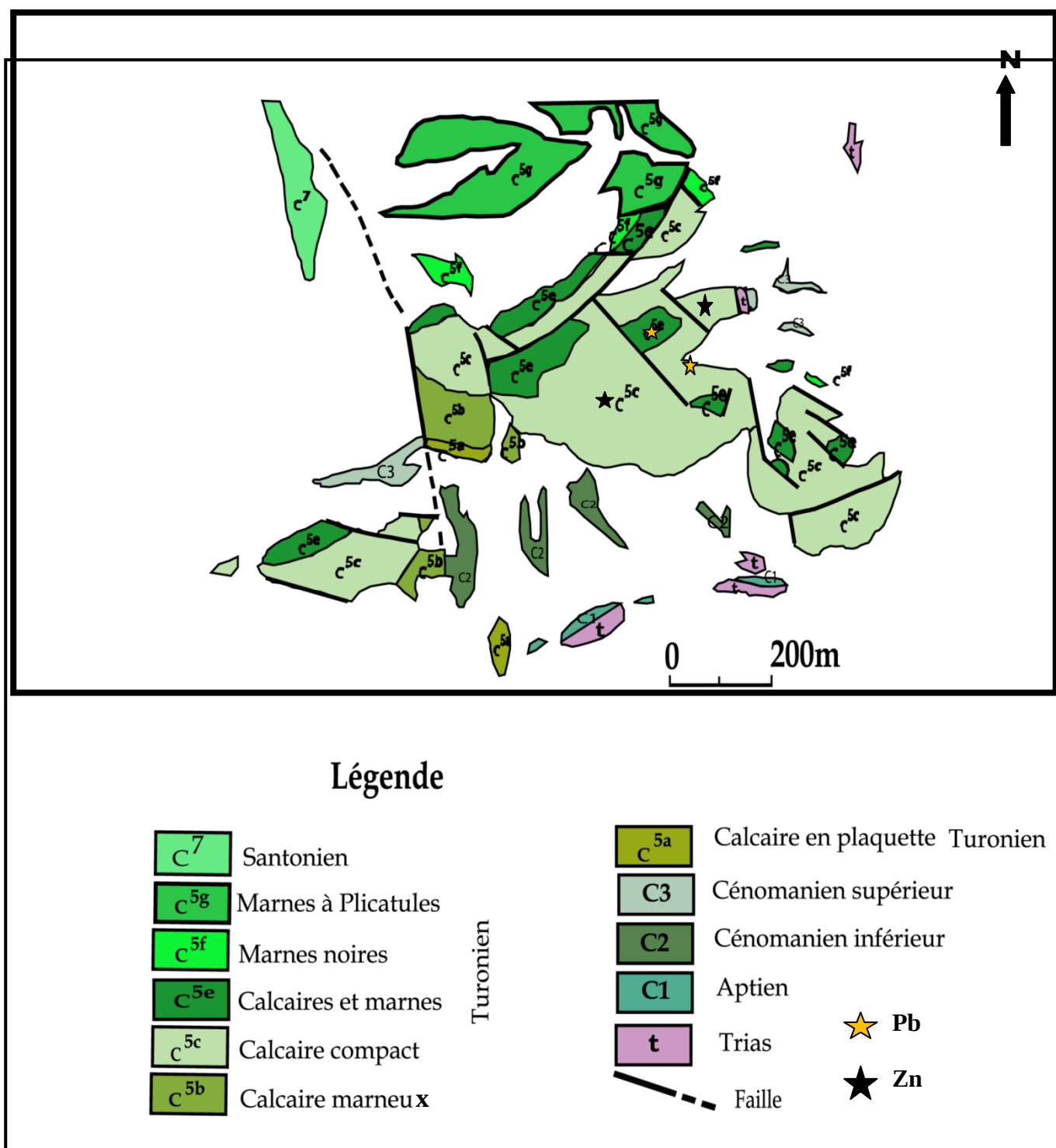


Fig. IV.II: Position des indices minéralisés de Koudiat El Alia (Morel, F., 1955).

IV.3. Aspect morphologie des minéralisations

Comme il a été déjà signalé la minéralisation se présente sous forme de filons d'imprégnation en remplissage de vides et de poches dans les zones dolomitisées du

Turonien, près des extrusions du Trias. Parfois elle se trouve sous forme de dissémination dans les brèches filoniennes (Fig. IV.II).

IV.4. Description minéralogique

IV.4.1. Les minéraux de gangues

Les minéraux essentiels qui constituent la gangue sont : la calcite, la dolomite, le Quartz, barytine et la dickite.

1- La calcite (CaCO_3):

Elle constitue le minéral de gangue le plus répandu. Du point de vue macroscopique, elle remplit les vides et les fractures, présente deux textures : veinulée et géodique, elle est de couleur blanchâtre et jaunâtre. Elle présente au moins trois générations.



Fig.IV.1 : Texture veinulée et géodique de la calcite. Calcite II veinulée recoupant la dolomite, sphalérite et la calcite I.

La calcite II veinulée recoupe la dolomite, la sphalérite et la calcite diagénétique (calcite I). Une troisième génération de calcite qui recoupe la deuxième a été observée. Cette dernière laisse des vides qui sont remplies par la galène et montre souvent la direction N120 (Fig.III.19).

L'observation microscopique montre que la calcite I (diagénétique) est sous forme de grandes plages xenomorphes (Fig.IV.2). Elle se présente aussi sous forme granulaire autour du quartz (Fig.IV.3).



Fig.IV.2 : Calcite sous forme de grandes plages xénomorphe
Lame mince, LPA.G.X.10.

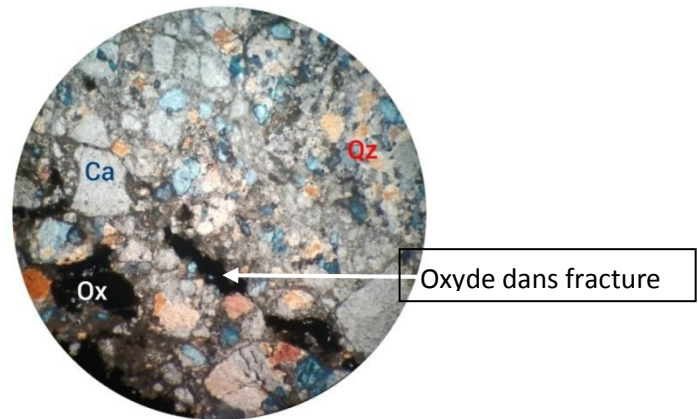


Fig.IV.3 : Calcite granulaire autour de quartz et des vides remplis par les oxydes de fer.
Lame mince, LPA.G.X.10.

2- La dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) :

Macroscopiquement : la dolomite montre une couleur blanchâtre, rosâtre et parfois grisâtre. Elle est sous forme massive. Avec la calcite, elle constitue la phase minérale la plus répandue. Elle présente trois générations.

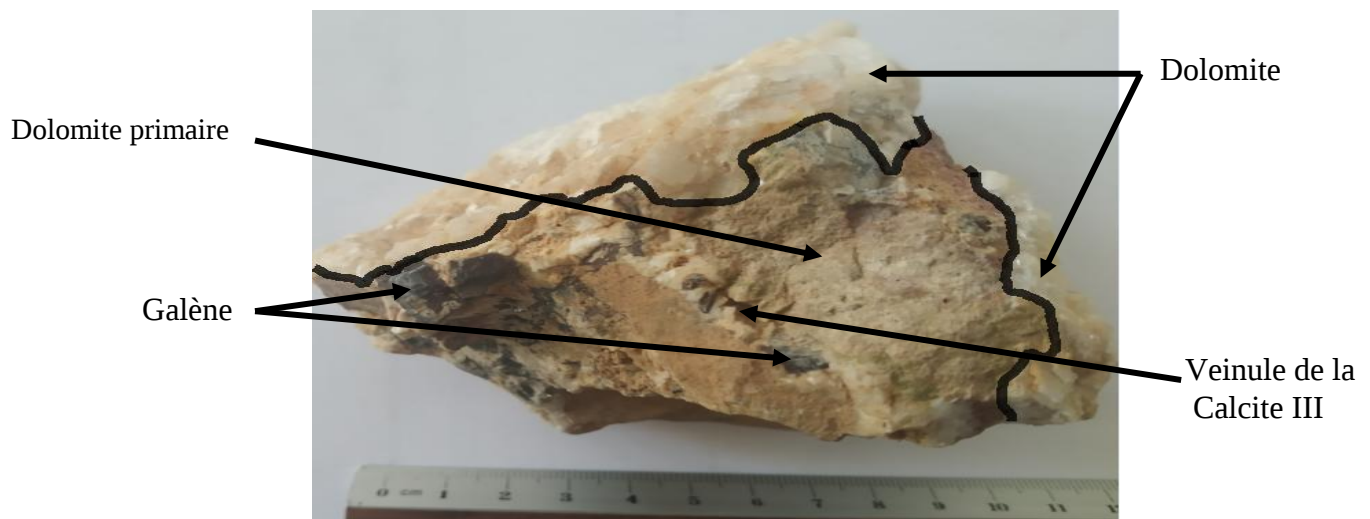


Fig.IV.4 : Dolomite massive avec une veinule de la calcite III remplie par la galène.

Microscopiquement : elle est représentée par trois générations de dolomites :

- une dolomite fine cryptocristalline à grains fins constituent la roche mère (Fig VI.5) ;
- une dolomite épigénétique à gros grains subautomorphe à automorphe et grandes plages xénomorphe sparitique, elle proviendrait de la recrystallisation de la dolomite primaire, qui présentent une teinte de premier ordre (Fig VI.6) ; (Fig VI.7) ;
- une dolomite zonée représenté par des grands cristaux rhomboédrique, elle est remplace la deuxième génération de dolomite (Fig VI.8).

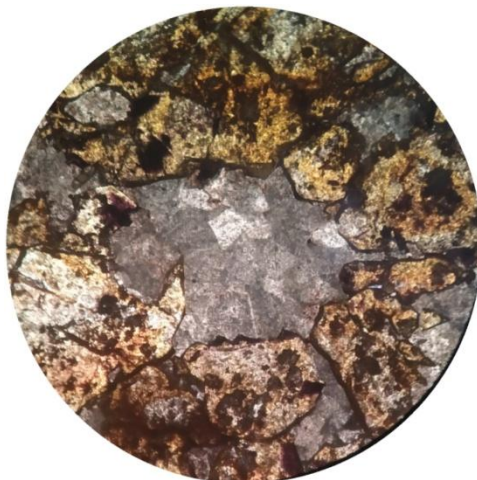


Fig.IV.5 : Dolomite fine constituent la roche mère

Lame mince, LPA.GX10

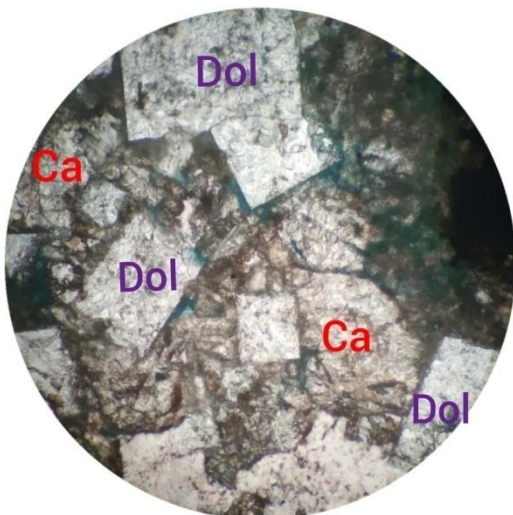


Fig.IV.6 : Dolomite(Dol) automorphe entouré par la calcite(Ca)

Lame mince, LPA.G.X.10



Fig.IV.7 : Dolomite xénomorphe remplace les carbonates.

Lame mince, LPA.G.X.10

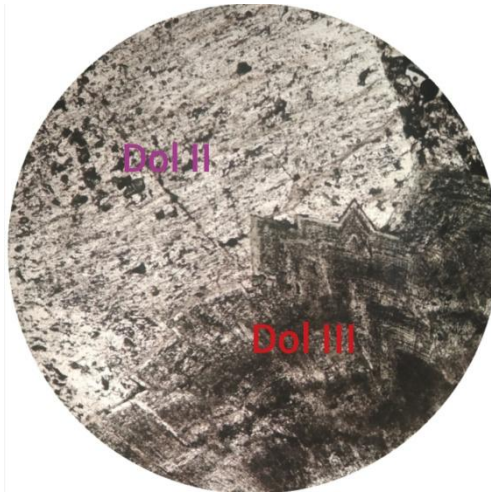


Fig.IV.8 : Dolomite III (Dol III) zonée
que remplaçant la dolomite II (Dol II).

Lame mince, LPA.GX10.

3- La barytine (BaSO_4) :

Elle se présente sous forme de remplissage des vides laissés entre les grains de dolomite II.

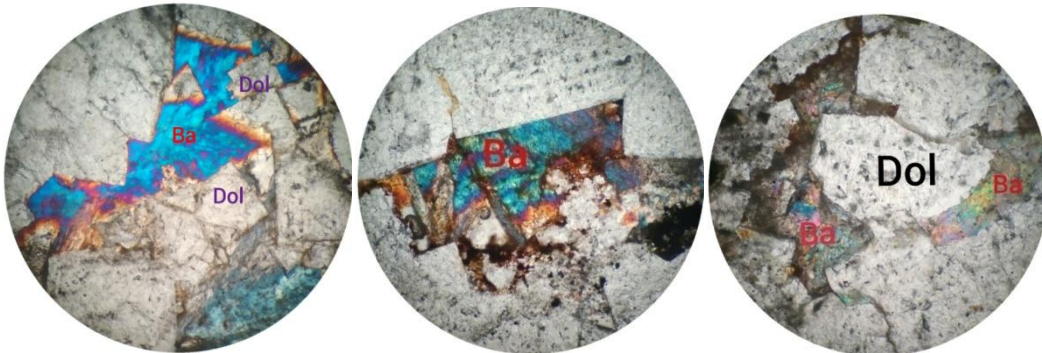


Fig.IV.9 : Barytine (Ba) remplit les vides laissés entre les grains
de la dolomite II (Dol)

Lame mince, LPA.GX10.

4- La dickite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) :

L'étude microscopique montre que la dickite remplace les carbonates, sous forme de grains colorés avec des extinctions roulantes.

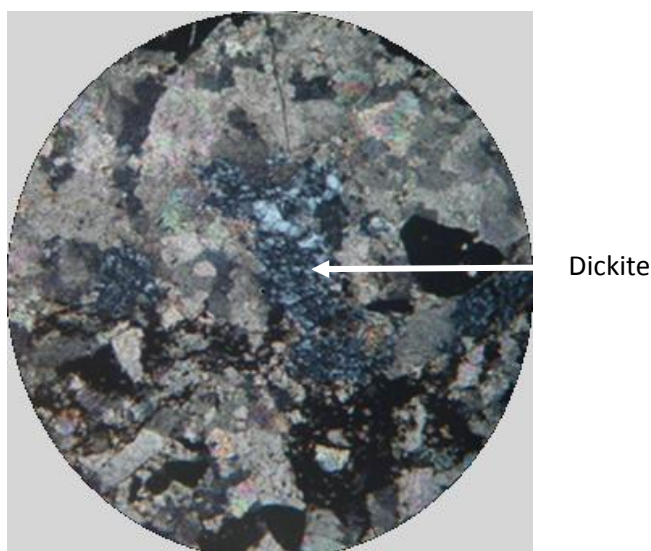


Fig.IV.10 : Dickite en mosaïque remplaçant les carbonates.
Lame mince, LPA. GX5

5- La silice (SiO_2) :

La silice ne s'observe que microscopiquement, elle est très rare et apparaît seulement dans quelques échantillons. Elle est représentée par du quartz sous forme des grains automorphes. Il s'agit vraisemblablement d'un quartz hydrothermale produit d'une silicification juste avant la mise en place de la minéralisation plombifère du moment que ce dernier recoupe la sphalérite.

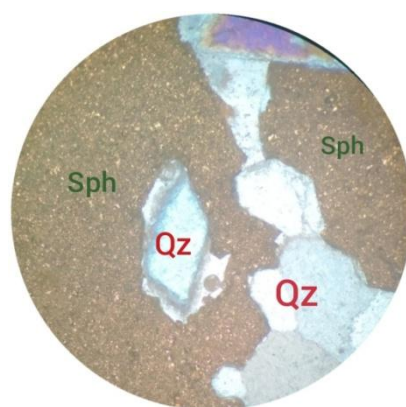


Fig.IV.11 : Quartz automorphe recoupe la sphalérite.
Lame mince, LPA.GX10.

IV.4.2. Les minéraux métalliques

Les minéraux métalliques du secteur Koudiat El Alia sont représentés par la pyrite, la sphalérite et la galène:

1- La pyrite (FeS_2)

Appelé autrement comme or des fous (terme commun avec la chalcoppyrite); durant la ruée vers l'or, elle se présente sous forme de petits cristaux automorphes à subautomorphes, en inclusion dans les carbonates (Fig. IV.12). Il s'agit d'une pyrite diagénétique.

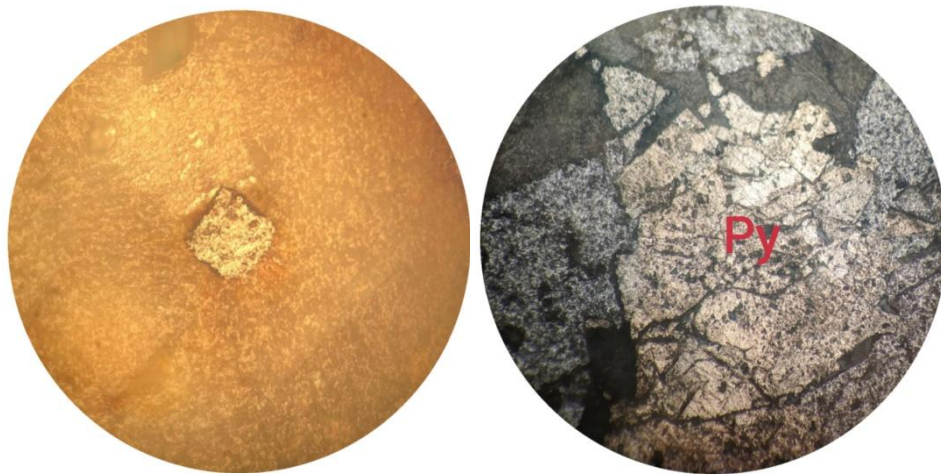


Fig.IV.12 : Inclusion de pyrite dans la gangue carbonatée.

Sectionpolie, LPN.GX10

2- La galène (PbS)

Étant le minéral de plomb le plus abondant, il se présente macroscopiquement sous forme:

- De cubes de taille qui varie de quelques millimètres à quelques centimètres, qui sont en inclusion dans la calcite III (Fig. IV.13).
- Une galène qui remplit les veinules qui présente une texture veinulée (Fig. IV.14)



Fig.IV.13 : Galènes cubiques de tailles millimétriques a centimétriques en inclusion dans la calcite III.



Fig.IV.14 : Galène automorphe et veinulé en inclusion dans la dolomite II.



Fig.IV.15 : Galène remplissant les fractures.

Au microscope :

Elle présente des arrachements triangulaires caractéristiques. On l'observe sous forme cubique (Fig.IV.16) et de grandes plages xénomorphes, qui remplacent les carbonates (Fig.IV.17) et en remplissage de vides laissés par la sphalérite (Fig. IV.18).

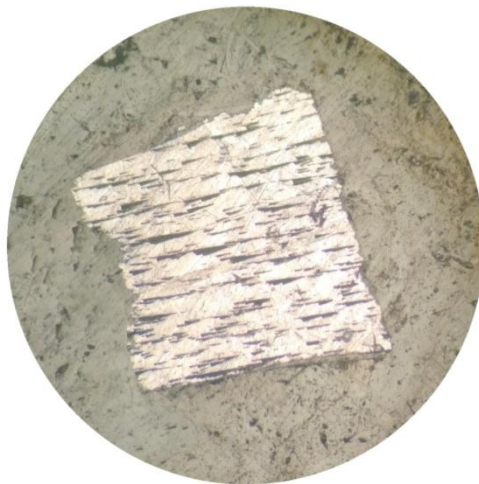


Fig.IV.16 : Galène automorphe dans les carbonates.
Lame polie, LPnA. GX10. (L.R).

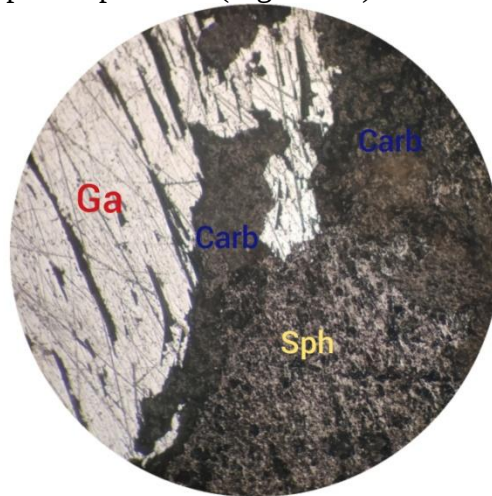


Fig.IV.17 : Galène (Ga) xénomorphe remplissant les vides laissés par la sphalérite (Sph) et les carbonates (carb).
· Section polie, LPN.GX10

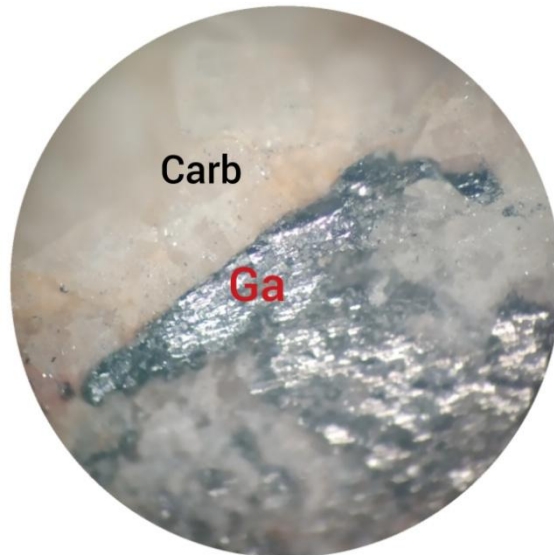


Fig.IV.18 : Galène (Ga) remplit les fractures dans les carbonates (Carb).
Section polie, LPN.GX10.

3- Sphalérite(ZnS)

Est un minéral très commun et largement répandu dans le monde, étant le principal minéral de zinc. Avec un éclat résineux et couleur marron.

Macroscopiquement :

- Elle se présente sous forme granulaires de taille millimétrique de couleur mielleuse qui remplace les carbonates (Fig. IV.19).
- Elle est recoupée par des veinules de calcites II (Fig. IV.19).
- Elle est parfois de couleur mielleuse, plus claire et se présente incluse dans la calcite I. Elle est aussi xénomorphe.

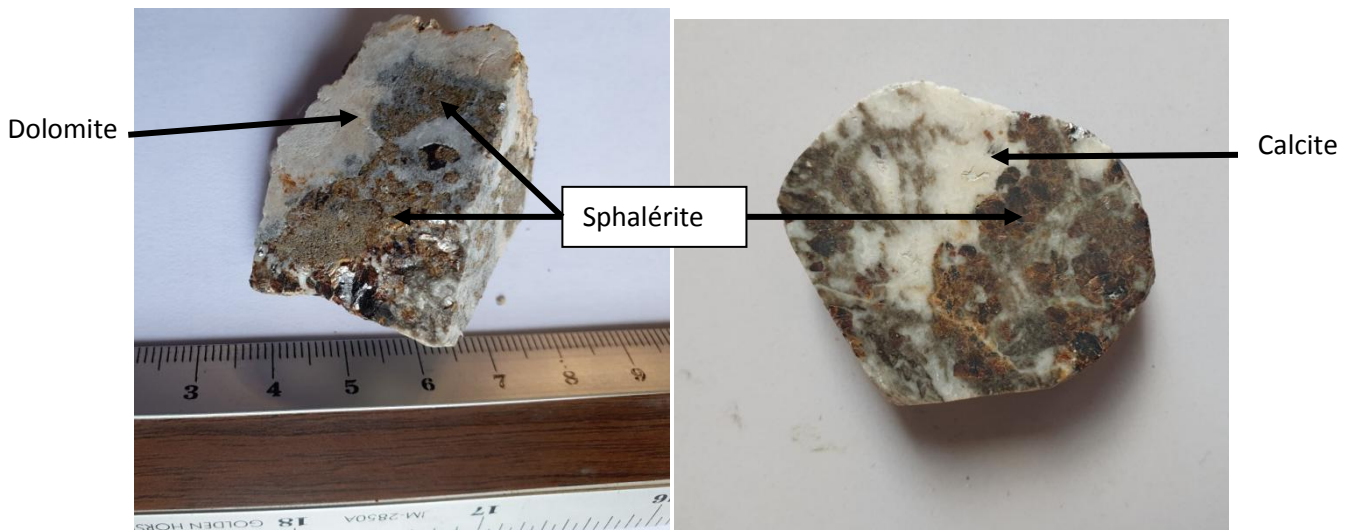


Fig.IV.19 : Sphalérite xénomorphe et granulaire remplaçant les carbonates primaires.

Au microscope, elle se présente sous forme :

De grandes plages de couleur jaune à marron remplaçant les carbonates diagénétique (Fig. IV.20) elle est recoupée par des veinules de calcite tardive II et III (Fig. IV.21).

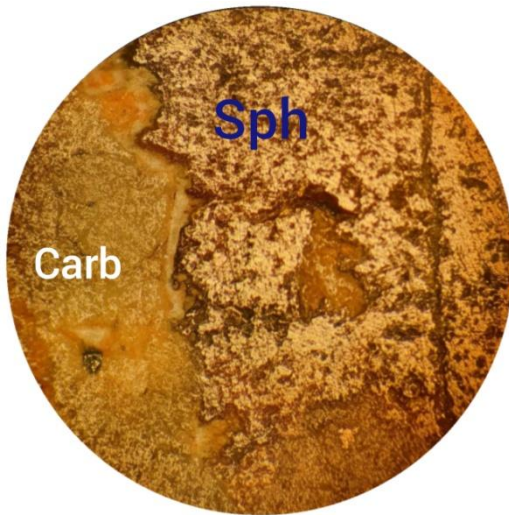


Fig.IV.20 : Sphalérite xénomorphe remplace les carbonates. Section polie.

LPA.GX10

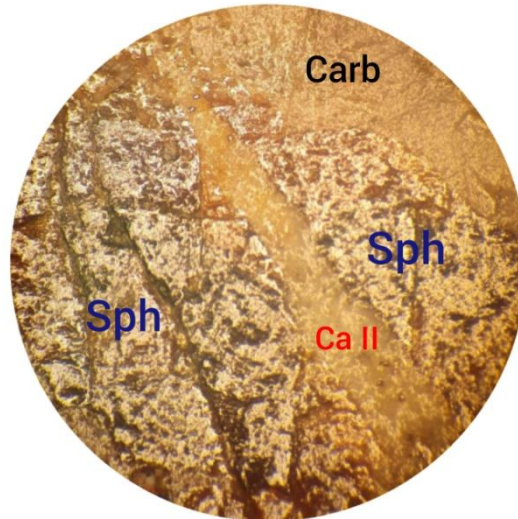


Fig.IV.21 : Sphalérite xénomorphe qui remplace les carbonates est recoupée par la calcite II (CaII) Section polie.

LPA.GX10

IV.4.3. Les minéraux d'altérations supérogène :

Les agents externes comme les agents internes (température, pression, climat, H₂O, etc.) jouent un rôle important dans la conservation ou l'altération des minéraux. Dans cette région on trouve des échantillons issus de l'altération des échantillons préexistants. Les minéraux d'altération sont :

1- La smithsonite ZnCO₃

Étant un minéral secondaire qui se trouve dans la zone d'oxydation des gîtes de zinc, obtenu par altération des minéraux primaires de cet élément (notamment la sphalérite).

C'est un produit d'altération de la sphalérite, friable, observée macroscopiquement de couleur blanche disséminé dans la dolomie (fig. IV.22)

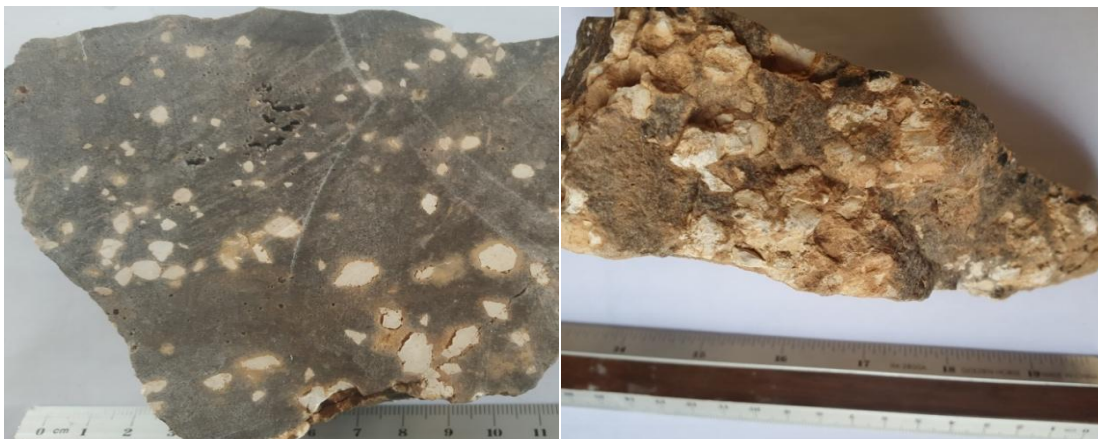


Fig.IV.22 : Smithsonite disséminée dans les carbonates.

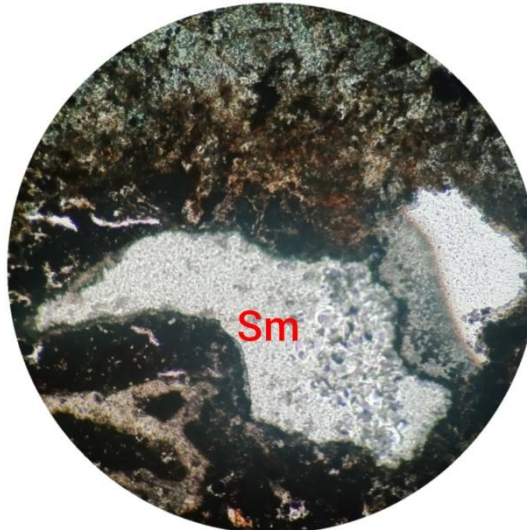


Fig.IV.23 : Sphalérite complètement altérée en smithsonite.
Lame mince, LPA.GX10

2- Cérusite (PbCO_3)

C'est un minéral commun dans la zone d'oxydation supérieur des gisements de galène ou c'est un produit d'altération de Galène.

On l'observe macroscopiquement à la limite de la galène. (Fig. IV.23).

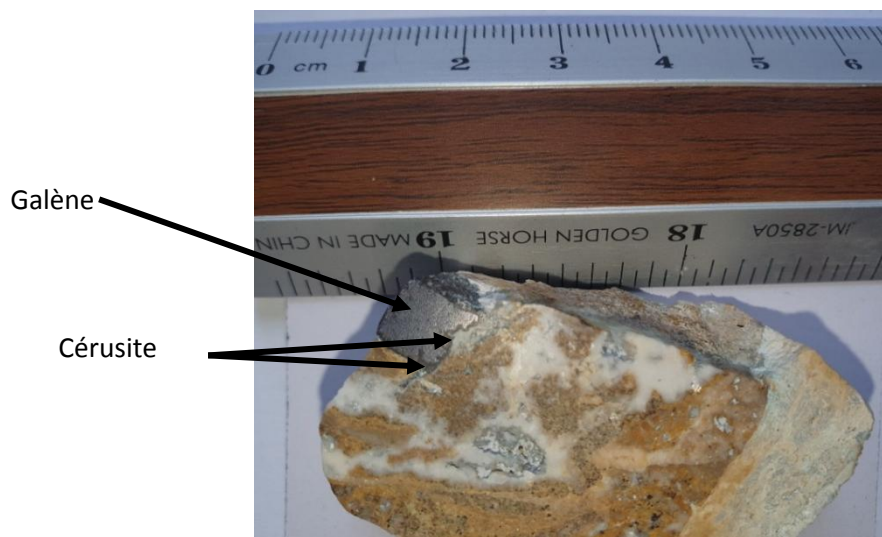


Fig.IV.24 : Début d'altération de la galène en cérusite.

Microscopiquement :

Elle s'observe sous forme d'une auréole grise entourant et remplaçant partiellement la galène.

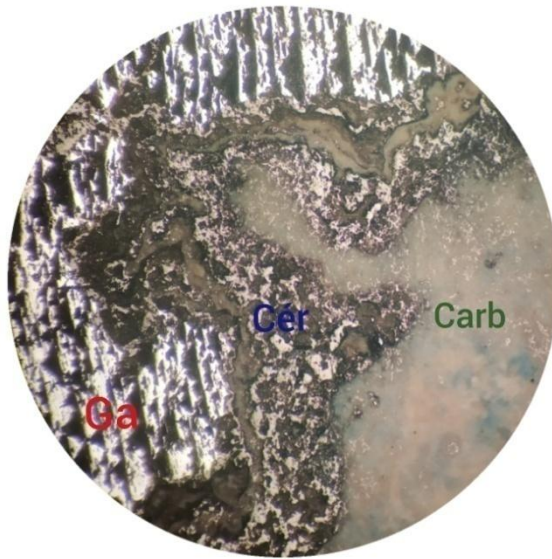


Fig.IV.25 : Grandes plages de galène (Ga) avec l'auréole d'altération de la cérusite (Cér) recoupant les carbonates (carb).
Section polie, LPN. G. X 10

3- Oxydes de Fer

Comme produits d'altération, ils se présentent rouillés, disséminés sur des carbonates (Fig.IV.26).



Fig.IV.26 : Ancien pyrite diagénétique altérée en oxyde de fer.

Microscopiquement, ils se présentent opaques, xénomorphes et disséminés dans les carbonates.

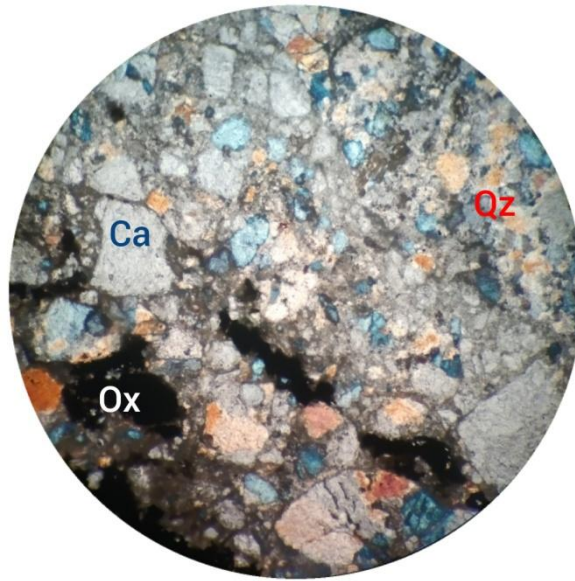


Fig.IV.27 : Oxydes de fer disséminés dans les carbonates.

Lame mince, LPA.GX10

IV.5 Conclusion

L'analyse et la synthèse des données relatives aux indices du secteur de Koudiat El Alia, nous permettent d'établir le tableau de la succession paragénétique probable (Tableau 1). Cette succession peut s'établir de la façon suivante:

a- Une phase diagénétique : au cours de laquelle se forment les minéraux de l'encaissant à savoir le carbonate primaire matérialisé par la calcite I (Ca I), accompagnée par de la pyrite de néoformation sous forme de petits grains en inclusion dans le sédiment primaire, suivie par une dolomitisation (Dol I).

b- Une phase épigénétique: qui commence par :

i)- un premier épisode de fracturation : qui abouti à la recristallisation de la dolomite primaire en dolomite secondaire épigénétique (Dol II).

ii)-un deuxième épisode de fracturation : qui est marqué par la recristallisation de la dolomite II (Dol II) en dolomite III (Dol III).

iii)- le troisième épisode de fracturation : permet la mise en place de la dickite, la barytine, et la sphalérite, suivit par la calcite (Ca II).

iiii)- un quatrième épisode de fracturation : responsable du dépôt de quartz hydrothermale et de la calcite III (Ca III).

iiii)- enfin un cinquième épisode de fracturation :est marqué par le dépôt de la galène.

c- Une phase d'altération supergène :au cours de laquelle on observe une altération des sulfures de Pb, de Zn et pyrite en cérusite, smithsonite et oxydes de fer.

	Diagenèse	Phase Epigénétique								Altération supergène
Dolomite	Dol I —	Dol II —	Dol III —							
Quartz							Qz —			
Calcite	Ca I —					Ca II —		Ca III —		
Dickite					DK —					
Barytine					Ba —					
Pyrite	Py —									
Sphalérite						Sph —				
Galène									Ga —	
Smithsonite										Sm —
Cérusite										Cr —
Oxyde de Fer										Ox —

Tableau1 : paragenétique probable de la minéralisation de Koudiat El Alia

Chapitre V

Inclusions fluides

Microthermométrie des inclusions fluides

L'étude des inclusions fluides des minéraux transparents (fluorite, barytine, quartz) et la sphalérite, des gîtes de type « Mississippi Valley ou M.V.T. » a été caractérisée depuis le début des années cinquante par microthermométrie et microanalyse. Sur la base des températures d'homogénéisation, des salinités, des rapports Ca/Na.

Les études d'inclusions fluides, en parallèle avec d'autres méthodes (la géochimie, la pétrographie organique, et les isotopes stables) ont un double objectif :

- celui de caractériser les fluides piégés (composition, densité) pour en déduire les conditions de température et de pression du piégeage et de déterminer la source des fluides.
- Enfin, d'élaborer un ou des modèles génétiques.

Dans la région des diapirs, plusieurs études ont été réalisées dans le passé. Parmi ces études nous citons, les études effectuées sur les inclusions fluides de quartz et dolomites, associés aux diapirs nord tunisiens (Perthuisot, 1978 ; Laatar, 1980 ; Guilhaumou, 1982 ; Smati, 1986. Hatira 1988), les travaux de Paire-Akrou et al en 1991, qui ont porté sur l'étude des inclusions fluides des fluorites de Ouenza, de Mesloula et de Hameimata Dahra, ceux de Bouzenoune (1993), dans une étude microthermométrique sur les inclusions multiphasées contenues dans les barytines, fluorite et les quartz de Koudiat ed Douamis, les travaux de Diane (1996), qui ont porté sur l'étude microthermométriques des inclusions fluides primaires de la calcite associée aux minéralisations Pb-Zn du Djebel Mesloula et enfin, l'étude microthermométrique des inclusions fluides primaires contenues dans les cristaux de quartz associés aux sulfures et sulfates tardifs dans le secteur d'El Ouasta. (Haddouche, 2003 et Haddouche *et al.*, 2004), (in Sami, L., 2011). Les travaux de Sami 2011, qui ont été concernés à tous les indices du Nord de la région de Tébessa (Hameimet Nord et Sud, Mesloula M'Kheriga, Ouenza et Es Souabaa).

Toutes ses études montrent que ces minéralisations appartiennent au grand groupe des «MVT».

Dans notre secteur d'étude les inclusions fluides ont été réalisées sur des minéraux transparents (calcite, dolomite). La sphalérite ne contient que rarement des inclusions fluides.

Il s'agit des calcites de première génération précédant le dépôt de la minéralisation à Pb-Zn.

Des lamelles en bipolies de moins de 0.5mm d'épaisseur, ont été réalisées au laboratoire du département des Sciences Géologiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. A cet effet, il est à signaler que nous avons prévu une fois ces lamelles réalisées leur étude se ferait au Laboratoire de Métallogénie et de Magmatisme de l'Algérie (LMMA) de l'USTHB. Malheureusement cela n'a pas eu lieu, faute de panne des matériaux de l'USTHB. On s'est alors contenté de la description typologique des inclusions rencontrées, tout en les comparant avec les travaux antérieurs.

II. Typologie des inclusions fluides :

Cette section présente les résultats d'observation des inclusions fluides primaires faites au microscope polarisant. Cette étude porte sur la taille, la forme, l'irrégularité et le type (liquide, solide ou gaz) d'inclusions fluides présentes.

L'étude a porté sur des cristaux de calcite, de dolomite et de la sphalérite.

Le tableau 2, montre la typologie des inclusions fluides pour chaque minéral étudié.

Indice	Minéral	Type des inclusions fluides	Nature des phases	Illustration des figures
Koudiat El Alia	Calcite II	Biphasées	Aqueuse –vapeur	1
				2
				3
				4
		Monophasées	Aqueuse	5
	Dolomite II	Biphasées	Aqueuse –vapeur	6
				7
	Sphalérite	Biphasées	Aqueuse –vapeur	8

Tableau 2 - Typologie des inclusions fluides du secteur d'étude.

Du point de vue morphologique les inclusions sont de types biphasés (phase liquide et phase gazeuse), la phase liquide occupe plus de 90% du volume de l'inclusion. Il existe aussi des inclusions fluides monophasées (liquide uniquement).

Les formes des inclusions sont irrégulières, étirés, rondes, allongées, losangiques.

Ce sont des inclusions primaires qui se sont formées (piégées) au même temps que les minéraux qui les contiennent, leur taille ne dépasse pas les 10 μm .

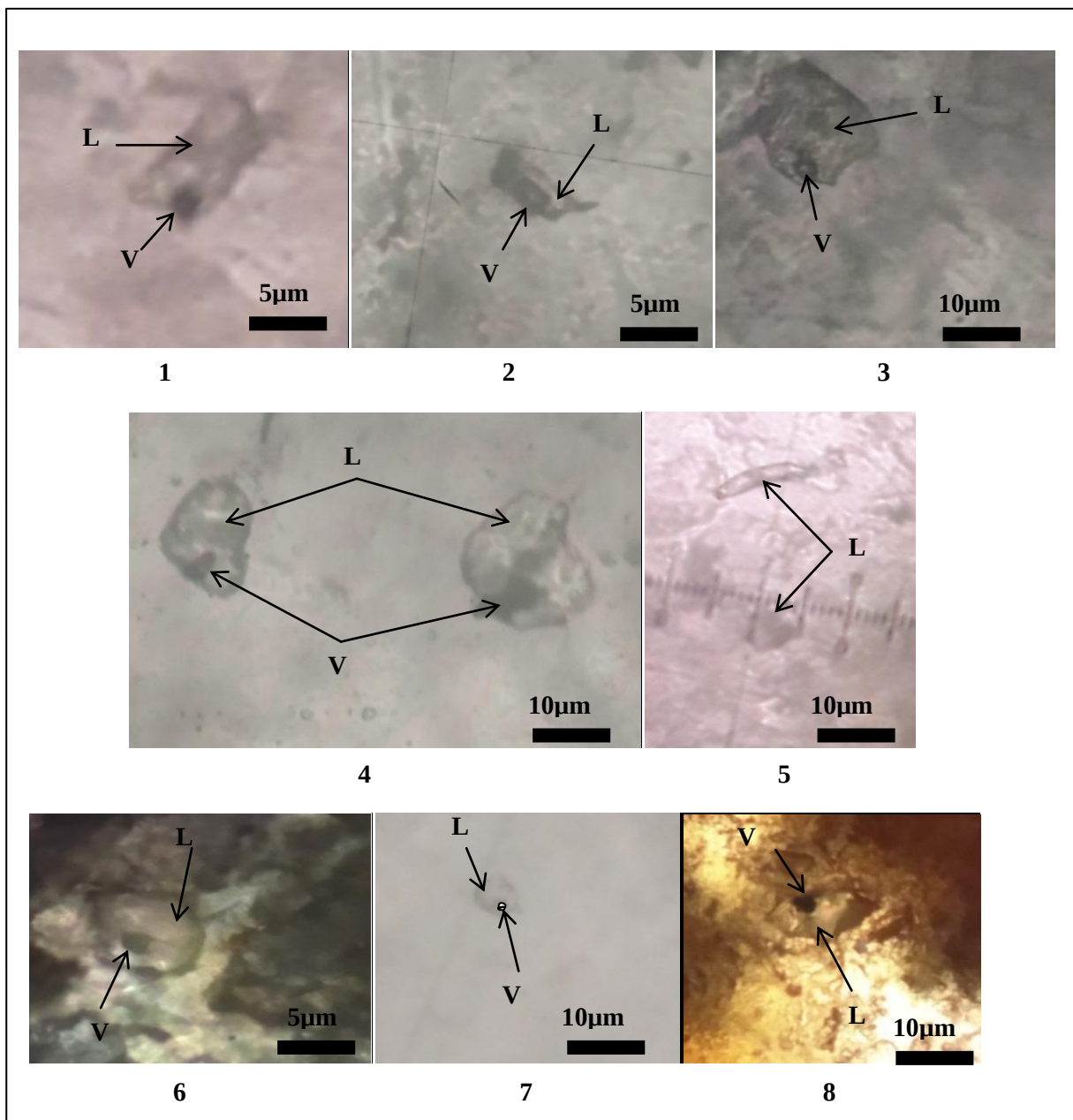


Fig.V.1 : Aspect microscopique des inclusions fluides primaires (G.X60).

L : Liquide ; V : Vapeur.

(Voir Tableau 2 pour localisations et descriptions).

Malheureusement il nous a pas été possible de calculer les Températures (T_h , T_{fg} , T_e ...) faute de matériels de l'USTHB en panne. Nous nous sommes contenté d'uniquement de les décrire et de les comparer avec les autres sites en particulier, celui de Hameimet Nord. Selon Sami, L 2011: ces sites donnent des températures d'homogénéisation moyenne de l'ordre 115°C. La température de fusion de la glace est comprise entre -10 et -17°C, avec une température eutectique qui varie entre -45 et -52 °C et une salinité moyenne de 25.04% eq. Na Cl et 11% eq. Ca Cl₂. Les T_e (Températures eutectiques) sont quant à elles de l'ordre de -52°C, ce qui correspond à un système ternaire H₂O-NaCl- CaCl₂.

Conclusion :

L'étude et l'observation faites sur des lamelles bipolies des inclusions fluides, montre qu'il existe deux types d'inclusions : monophasique (liquide seulement) et biphasique (liquide + gaz) captée dans les minéraux transparents. Ce sont des inclusions primaires qui se sont formées au même temps que les minéraux qui les contiennent.

Les études et recherches antérieures par différents auteurs réalisées dans les confins Algéro-tunisiens sur les inclusions fluides, mènent vers le même résultat et la même origine des minéralisations.

Selon Sami, L 2011, ces résultats montrent que le fluide responsable de la mise en place des minéralisations est un fluide de bassin chaud et relativement salé qui aurait emprunté lors de son cheminement, une partie de sa salinité aux évaporites triasiques et qui aurait subi dans certains cas un phénomène de dilution avec les eaux météoriques.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Appartenant au Djebel Belkif, Koudiat El Alia est un petit chaînon de direction E-W, sa lithologie est représentée essentiellement par des formations cénomaniennes et turoniennes. Le Cénomalien est essentiellement marneux à intercalation de calcaires et des marno-calcaires. Le Turonien est marqué par des marnes à la base et des calcaires massifs au sommet. Le Turonien renferme la minéralisation. Dans le voisinage immédiat, il existe aussi des chicots triasiques en contact anormal avec une formation incomplète d'âge aptien constituée de calcaires et de calcaires dolomitiques.

Structuralement, ce petit massif est affecté essentiellement par deux familles de failles NW-SE et NE-SW et accessoirement par les failles E-W.

L'étude gîtologique montre deux types de minéralisations distinctes une zincifère et une autre plombifère. Dans l'ensemble, elles montrent une paragenèse minérale à dolomite, calcite, quartz, dickite, barytine, pyrite, sphalérite, galène, smithsonite, cérusite et oxydes de fer.

Ces minéralisations semblent être associées à des failles de direction NW-SE affectant la couverture crétacée et le matériel triasique. Pour cela, on distingue deux métallotectes :

- un métallotecte structural, représenté par la direction NW-SE des filons, failles et fractures.
- un métallotecte lithostratigraphique. En effet, la minéralisation est encaissée de façon préférentielle dans les calcaires marneux du Turonien.

L'étude des inclusions fluides montre essentiellement des inclusions de type biphasiques et monophasiques dans les minéraux transparents (calcite, dolomite, sphalérite).

L'étude microthermométrique (Sami, L., 2011) montre que le fluide minéralisateur serait un fluide de bassin, chaud à salinité élevée. Ce fluide aurait subi un phénomène de dilution au cours de son évolution (in Sami L., 2011).

Si on prend le contexte régional, tous les résultats obtenus ainsi que ceux effectués par d'autres auteurs (Laatar, 1980 ; Smati, 1986 ; Akrou, 1991; Bouzenoune, 1993, Diane, 1996 ; Kolli, et al., 1999, Boutaleb, 2001 Haddouche, 2003, Sami, 2004, Haddouche et al., 2004, Haddouche, 2010 et Sami et al 2011) , mettent en évidence les minéralisations sont contrôlés par le diapirisme, que joue un rôle mécanique assuré par le processus diapirique,

qui aurait contribué efficacement à la mise en place d'un réseau de fractures ouvertes ayant servi de drain pour ces fluides minéralisateurs et un rôle chimique avec un enrichissement de ces fluides en Pb – Zn contenue dans les couches Cénomaniens et du Turonien et de les précipiter sous forme de Galène et Sphalérite.

Bibliographie

Aoudjehane, M. (1991) : Distribution des gîtes à Pb-Zn et fer sidérétique dans le NE algérien, In : *Source, Transport and disposition of metals*. Pagel & J. Leroy (eds), Belkema, Rotterdam, pp.419-422.

Bettahar A., (2003) : La zone de transition atlas saharien central-occidental (Dj.Mimouna –Chaiba) : étude géométrique et cinématique de l'accident sud atlasique .intérêt pétrolier *mémoire d'ingéniorat de l'état, FSTGA., USTHB Bab Ezzouar Alger.* ,138P 86P.

Bouzenoune, A.; Rouvier, H.; Thibiéroz, J. (1995) : Trias de l'Ouenza : contexte diapirique, zonation minéralogique et conséquences métallogéniques. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol 6, n°1, pp3-24.

Bouzenoune, A.; Rouvier, H.; Thibiéroz, J. (1995) : Trias de l'Ouenza : contexte diapirique, zonation minéralogique et conséquences métallogéniques. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol 6, n°1, pp3-24.

Bouzenoune, A.; Rouvier, H. et Thibiéroz, J. (1998) : Le gisement de fer de l'Ouenza (Nord-Est algérien) : Relation entre le minerai carbonaté et le minerai oxydé. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol.09, n°2, pp.185-199.

Chacha A., (2012) : Géodynamique des bassins Triasique de l'Atlas Saharien Oriental et implications pétrolière Thèse Magistère, FSTGA., université de Boumerdes, Algérie, 96P.

Chihhi, L. (1984) : Etude tectonique et microtectonique du graben de Kasserine (Tunisie centrale) et des structures voisines : J. Selloum et J. Maargaba. *Thèse 3ème cycle, Géol. Struct.* , Paris XI, 116 p.

Dubois., M (1992) : fluides crustaux approche expérimentale et analytique : détermination du solvus des systèmes H₂O-MCL (M=Li, K, Rb, Cs) et caractérisation et dynamique des fluides des dômes thermiques, sur l'exemple du diapir vellave (S-E Massif central Français). Thèse. Doct. L'I.N.P.L., E.N.S.G. (C.N.R.S.), Lorraine France, pp. 3-28.

Dubois, M., (2003) : Les grandes étapes du développement de l'étude des inclusions fluides, Travaux du comité français d'histoire de la géologie, France.

Dubourdieu, G. (1956) : Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins Algéro-Tunisiers). (*Publ.* Serv. Carte géol. Algérie, n.s, Bull., n°10, 659p.

Dubourdieu, G. (1959) : Esquisse géologique du Djebel Mesloula (Algérie orientale). *Publ. Serv. Carte géol. Algérie, N.S, Bull., N°21, 162p.*

François Morel (1955) : étude géologique de Djebel Belkif. Thèse. Mémoire, Faculté des sciences d'Alger, pp. 255-281

François Morel (1957) : étude géologique de Djebel Belkif. Bull. Tc. n° 13 pp 271-282.

Hadache, N., Haddi, K., (2010) : Contribution à l'étude géologique et géologique des minéralisations à Zn-Pb des indices de Koudiat El Alia, wilaya de Tébessa, (Atlas saharien oriental, Algérie). Thème. Mém., USTHB(FSTGAT), Bab Ezzouar Alger.

Haddouche, O. ; Boutaleb, A., Hebert, R. ; Picard, D. ; Sami, L., (2004) : Les minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) d'El Ouasta (Algérie nord orientale) : typologie et apport des études d'inclusions fluides. *Bull. Serv. Géol. Algérie*. Vol. 15 n°2, pp87-105.

Herkat, M. (1992) : Manifestations diapiriques du Trias dans les séries du Crétacé supérieur de l'Atlas saharien et des Aurès. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol 3, n°1, pp16-25.

Jenatton, L., (1981) : Microthermométrie des inclusions fluides des cristaux associés à l'ouverture de fentes alpines. Approche de l'évolution des conditions de pression et de température lors de la déformation. . Thèse. Doct. D'état, USMG (IRIGM), Grenoble. France, pp. 42-93.

Kazi Tani, N. (1986) : Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doct. ès Sciences, Univ. Pau et des pays de l'Adour*, 2 tomes.

Laffitte, P., Permingeat, F., Routhier, P. (1965) : Cartographie métallogénique, métallogénique et géochimie régionale : Bulletin de la Société française de Minéralogie et de Cristallographie, volume 88, 1, pp. 3-6.

Lasni, A., Slimani, S., (2014) : Etude géologique et géologique des minéralisations à Pb-Zn et Ba de Koudiat El Alia, Tébessa (atlas saharien oriental, Algérie) Thème. Mém., UMMTO(FSBSA), TiziOuzouAlgerie.

Lekbal, F., Boutaleb, A., (2012) : Les minéralisations à Zn - Pb (Barytine) du Djebel Gustar (Sud Setifien) colloque intrgeo du sahara. N° 2, pp. 143-148.

Lévesque, C., (2012) : Caractérisation des inclusions fluides des secteurs Principal et Est du gisement aurifère, (Casa Berardi, Québec. Canada) pp. 12-30.

Maacha, L., Lebedev, V.I., Zouhair, M., Saddiqi, O., (2015) : Apport de l'étude des inclusions fluide dans la compréhension de la genèse du gisement argentifère d'Imiter. (Anti-Atlas oriental, Maroc)*Serv. Géol. Maroc.* N° 579, pp. 141-145.

Mermari F., (2009):Sédimentologie et paléoenvironnement du dépôt paléocène affleurant entre Djebel Belkif et djebel Mesloula (Meskiana et El-Aouinet, nord-est de l'Algérie). *Mémoire de l'ingéniorat, Université de Tébessa Algérie.*

Roedder, E. (1979) :Fluid inclusions as samples of ore fluids, *in* Barnes, H.L. (éditeur) *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, Wiley, pp. 684-737.

Roedder, E., Bodnar, R.J. (1980) :Geologie pressure determinations from fluid inclusion studies, *Ann. rev. Earth. Planet. Sei.* 8, 263-301.

Salmi-Laouar S., (2004) : Contribution à l'étude géologique et géochimie des isotopes stables (S, O, C) des minéralisations polymétalliques (Zn-Pb-F-Ba-Fe-Hg) de la zone des diapirs du nord de Tébessa (NE Algérien). Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, Algérie, 181p.

Sami, L., (2004) : Contribution à l'étude géologique et géochimie des minéralisations à Pb-Zn, Ba et F dans la région de Méskiana : Exemple des indices d'Es Souabaa et de M'khiriga. (Atlas saharien oriental, Algérie). Thèse. Magister. FSTGAT., USTHB Bab Ezzouar Alger.

Sami, L., (2011) : Caractérisation géochimique des minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba, Cu, Fe et Hg des confins Algéro-Tunisiens. Thèse. Doctorat. D'état, USTHB(FSTGAT), Bab Ezzouar. Alger 180p.

Thibiéroz, J. & Madre, M. (1976) : Le gisement de sidérite du Djebel El Ouenza (Algérie) est contrôlé par un golfe de la mer aptienne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du nord, Alger*, t.67, fasc. 3-4, pp. 126-150.

Vila, J.M. (1980) : La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. *Thèse Doct. d'Etat, Univ. P. et M. Curie, Paris VI*, 665p.