

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des sciences Géologiques

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Spécialité : Géologie Appliquée

Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement

Thème

**Caractérisation géologique et gîtologique des minéralisations
« Fe, Ba, Pb, Zn, Cu » de Djebel Djebissa (Confins Algéro-Tunisiens)**

Directeur du mémoire :

- Mr SAMI.L

Etudié par:

SID Abdelaziz
GHOUMRASSI Ghezlane

Soutenu le : 28/06/2021

Devant le jury composé de :

Mr. Makhlouf Ali..... Maitre-Conférence A /UMMTO.....Président
Mr. Hamis Ahmed..... Maitre-Assistant A /UMMTO.....Examinateur
Mlle. Gaci Nabila.....Maitre-Assistante B/ UMMTO.....Examinatrice
Mr. Sami Lounis.....Professeur/UMMTO.....Promoteur

Promotion : 2020/2021

Remerciement

Tout d'abord nous remercions le Dieu tout puissant maître des cieux et de la terre, de nous avoir aidés et donnés le courage et la volonté pour pouvoir mener ce modeste travail à terme.

Il nous est particulièrement agréable d'exprimer notre gratitude à notre promoteur

M^r SAMI Lounis qui a beaucoup travaillé sur les minéralisations liées au Trias des confins

Algéro-Tunisien, pour ces conseils précieux, son expérience et sa rigueur dans le travail.

Ses travaux nous ont inspirés lors de nos recherches. On le remercie aussi pour l'ouverture de son bureau et d'avoir mis tous les moyens à notre disposition.

Nos profonds remerciements à **M^r Makhlouf Ali** d'avoir accepté de présider la commission du jury, on le remercie également pour bien vouloir examiner notre travail.

On tient à remercier également **M^r Hamis Ahmed** et **Mlle GACI Nabila** de nous avoir fait l'honneur d'accepter de juger et examiner ce travail et leur enseignement qui a éclairé notre formation en Géologie Minière.

On remercie également toute l'équipe pédagogique du Département des Sciences Géologiques et tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Dans l'immensité de l'Atlas Saharien, un remerciement spécial au gens de **Tébessa**.

Merci à tous ceux qu'on n'a pas cités et qui par l'apport d'un petit rien ont contribué énormément à ce travail.

DÉDICACE

Je dédie ce travail à mes **très chers parents** pour leur amour, leur courage, leur prières, leur soutien moral et surtout pour leurs sacrifices pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie
Que Dieu vous protège et vous procure santé et bonheur.

A mes chères précieuses frangines **Wafaa** et **Malek** qui m'ont toujours épaulé et encouragé et à qui je souhaite prospérité et vivre en gaité ;

A ma fiancée **Ilham** pour son soutien quotidien et son respect ;

A ma binôme **Ghezlane** qui a fait preuve de patience et de courage durant la réalisation de ce travail, sans oublié toute sa famille ;

A mes chers amis, **Med-Wassim, Zaki, Nadjib, Farouk et Chabane**

Enfin, à tous ceux que j'ai estimés durant mon cursus universitaire.

Abdelaziz

DÉDICACE

Je dédie ce travail à **mes très chers parents**, pour tous leurs sacrifices, leurs tendresses, leurs soutiens, leurs conseils, leurs amours qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui et leurs prières tout au long de mes études.

A mes trois chères sœurs au monde : mon ange gardien **Asma**, ma moitié **Hania** et ma petite gâtée **Bouchra**.

A ma meilleure, **Sara Hammadi** qui était toujours présente pour moi comme une grande sœur avec son amour, ses conseils, sa positivité et sa maturité.

A mes deux grands-pères et ma grand mère décédés.

A toute ma famille (**GHOUMRASSI et HAMMADI**)

A mes meilleures amies **Hakima, Ilham, Nina et Lylia**, merci pour votre aide, soutien et tous ce que vous avez fait.

A mes deux meilleurs frères du cœur, mon binôme **Aziz et Chaban**.

Et enfin merci pour tous mes proches, mes ami(e)s avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie, et toutes les personnes qui m'aiment.

Ghezlane

Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Tableau des abréviations	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction générale	2
Méthodologie, but et objectifs	2
Historique des travaux antérieurs :	3
Chapitre I : Généralités	
I-1. Situation géographique	6
Chapitre II : Géologie Régionale	
II. 1. Cadre géologique régional	9
• Atlas Saharien.....	9
• Cadre géologique des confins Algéro- tunisiens	10
II.2. Aperçu litho-stratigraphique	11
II.2.1- Le Trias	11
II .2.2- Le Jurassique	13
II .2.3- Le Crétacé	13
a- Le Barrémien	13
b- L’Aptien	13
c- L’Albien	13
d- Le Vraconien	13
e- Le Cénomaniens	14
f- Le Turonien	14
g- Le Sénonien	14
II .2.4- Le Miocène (Néogène)	14
II .2.5- Le Plio-Quaternaire	15
II .3. Aspect paléogéographique et structural.. ..	16
• La subsidence	17
• Diapirisme des formations triasiques	17
• Les plissements	18
• Les fossés d’effondrement	18
• Litho stratigraphie du fossé d’effondrement de Tébessa	19
• La fracturation	20
_ Les phases anté-tertiaires	21
_ Les phases Tertiaires	21

Chapitre III : Géologie Locale

III.1-Introduction	23
III.2- Lithostratigraphie	25
III.2.1- Le Trias	25
III.2.2- Le Crétacé	25
a- Aptien	25
b- Albien	25
c- Cénomanién	27
- Le Cénomanién inférieur	27
- Le Cénomanién moyen	27
- Le Cénomanién supérieur	27
d- Emscherien (Coniacien et Santonien)	27
e- Campanien –Maestrichtien	27
III.2.3- Le Tertiaire	27
a- L'Eocène	27
- Éocène inférieur	27
- Eocène supérieur	27
b- Miocène	27
c-Pliocène	28
III.2.3- Le Quaternaire	28
• Les coupes géologiques du Djebel Djebissa	28
III.3- Tectonique	29
III.3.1-Les terminaisons périnclinales	29
III.3.2-Les déformations souples	30
III.3.3-Les déformations cassantes	31
III.3.4-Relation fracturation-minéralisation	33
III.3.5- Diapirisme	34
III.3.5.1-Les périodes de percement triasique	34
III.3.5.2- Diapirisme durant l'Aptien	34
III.3.5.3-Diapirisme au Pliocène inférieur	34
III.3.5.4-Diapirisme au Pliocène supérieur (Plio-Villafranchienne)	34
III.3.6- Le fossé d'effondrement de Tébessa	36
III.6- Conclusion	36

Chapitre IV : Etude de la minéralisation

IV. Introduction	38
IV.2.La mine de fer de Khanguet el Mouhad	39
IV.2.1.Situation géographique et travaux antérieurs	39
IV.2.2.Lithostratigraphie	42
IV.2.2.1.Le Trias	42
IV.2.2.2. Le Crétacé	42
a- Aptien	42
b- Albien	42
c- Cénomanién	42
d- Turonien	42
e- Maestrichtien	42

IV.2.2.3. Le Tertiaire	42
a- Eocène	42
b- Miocène	42
c- Pliocène	42
IV.2.2.4. Le Quaternaire	42
IV.3. Minéralisation	44
IV.3.1.Composition minéralogique	45
IV.4. Description minéralogique du secteur d'étude	47
IV.4.1. Les minéraux de gangues	47
1. La calcite (CaCO_3)	47
2- La barytine (BaSO_4)	48
3- La silice (SiO_2)	49
4. Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	50
5. La dolomite ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$)	50
IV.4.2-La minéralisation polymétallique	50
IV.4.2.1- Morphologie des corps minéralisés	50
1- La pyrite (FeS_2)	51
2- La galène (PbS)	51
3-Cuivre gris	53
4- Hématite (Fe_2O_3)	53
IV.4.3- Les minéraux supergènes	54
1- la cérusite (PbCO_3)	54
2- La malachite $\text{Cu}_2\text{CO}_3 (\text{OH})_2$	55
3- L'azurite $\text{Cu}_3 (\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	55
Conclusion	56
Conclusion générale.....	59

Tableau des abréviations

Km	Kilomètre	Pb	Plomb
NE	Nord-est	Zn	Zinc
M	Mètre	Fe	Fer
°C	Degré Celsius	Cu	Cuivre
Mm	Millimètre	Cér	Cérusite
SE	Sud Est	Azu	Azurite
NW	Nord Ouest	Ba	Barytine
WNW	Ouest Nord Ouest	Ga	Galène
ESE	Est Sud Est	Ca	Calcite
ANA	Accident Nord Atlasique	Py	Pyrite
ASA	Accident Sud Atlasique	Ox	Oxyde de fer
SONAREM	Société Nationale de la Recherche Minière	LPN	Lumière polarisée naturelle
ORGM	Office Nationale de la Recherche Géologique et Minière	ASGA	Agence de Service Géologique d'Algérie

Liste des figures

Fig. I.1 : Localisation de la région d'étude (Google earth).....	6
Fig. I.2 : Situation géographique de la région d'étude.....	7
Fig. II.1 : Schéma structural du nord de l'Algérie (in Chacha, Al., 2004).....	9
Fig. II.2 : Carte géologique de confins algéro-tunisiens (cartes géologiques au 1/50.000 de Meskiana, Morsott, El Aouinet, Boukhadra, Oued Kébarit et Ouenza) (Sami 2011).....	11
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).....	12
Fig. II.4 : carte géologique régionale « confins algéro-tunisien » Dubourdieu 1956.....	15
Fig. II.5 : schéma structural des confins Algéro-tunisiens (Sami, L., 2004).....	16
Fig. II.6 : Délimitations des domaines triasiques dans les confins Algéro-tunisien (Vila, 1994)	18
Fig. II.7 : 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. III.1 : image satellite de Djebel Djebissa (MapBox).....	23
Fig. III.2 : Vue panoramique du massif de Djebissa.....	24
Fig. III.3 : Carte géologique simplifiée du diapir du Djebel Djébissa (D'après : Durozoy (1956), des levés partiels de J.M Vila et A. Charrière (1992) et de J.Vila (1993)	26
Fig.III.4 : Coupes sériees de djebel Djebissa Bulletin du service géologique de l'Algérie volume 7 n2 1996.....	28
Fig.III.5 : Coupe de Cénomano-Turonien de la bordure S-E (Bulletin du service géologique de l'Algérie volume 7 n2 1996).....	29
Fig.III.6 : Les phases extensives du Trias (Bulletin du service géologique de l'Algérie volume 7 n2 1966).....	30
Fig.III.7 : Les phases compressives du Trias (Bulletin du service géologique de l'Algérie volume 7 n2 1966).....	31
Fig.III.8 : Faille inverse (N115°) au nord du massif de Djebel Djebissa.....	32
Fig.III.9 : Carte géologique présentant la relation entre la minéralisation et la fracturation (Charrière et al, 1996)	33
Fig.III.10 : Image représentative d'un affleurement du Trias gypsifère.....	35
Fig.III.11 : Image représentative du contact Trias-Surface.....	35
Fig. IV.1 : Carte de répartition des concentrations minérales dans le massif de Djebissa (Charrière et al 1996 – l'emplacement des indices minérales Belala, 2008).....	38
Fig. IV.2 : Coupe interprétative de la terminaison périclinales Nord-Est Charrière et al, 1996).....	39
Fig. IV.3 : Situation géographique de la mine de Khanguet el Mouhad (SOMIFER 2008).....	40
Fig. IV.4 : Coupes géologiques schématiques des différents gites de la mine de Khanguet El Mouhad (ORGM 2008).....	41
Fig. IV.5 : Colonne lithostratigraphique des affleurements de Khanguet el Mouhad.....	43
Fig. IV.6 : Carte géologique schématique de Khanguet El Mouhad avec localisation des gites Mouhad (Remichi et al. 2008).....	44
Fig. IV.7 : Carte géologique du corps A du gisement de Khanguet El Mouhad (Remichi et al. 2008).....	45

Fig. IV.8: Minéralisation ferrifère en contact avec le calcaire aptien.....	46
Fig. IV.9 : Affleurement de minéralisation ferrifère au niveau du « gîte D »	46
Fig. IV.10 : échantillons macroscopiques de la calcite brune.....	47
Fig. IV.11 : échantillon macroscopique de la calcite	47
Fig. IV.12 : Calcite sous forme de grandes plages qui remplacent les sulfates Lame mince, LPA.G.X.10.....	47
Fig. IV.13 : Calcite sous forme de plage xénomorphe allongé (Lame mince, LPA.G.X.10).....	47
Fig. IV.14 : 1. Echantillon macroscopique de barytine.....	48
2. Echantillon macroscopique de barytine encaissée dans les carbonates.....	48
Fig. IV.15 : Barytine (Ba) en baguette (Lame mince, LPA.G.X.10).....	48
Fig. IV.16 : Barytine (Ba) en plumes (Lame mince, LPA.G.X.10).....	48
Fig. IV.17 : La barytine en baguette (Ba II) recoupe la barytine en plumes (Ba I) (Lame mince, LPA.G.X.10).....	49
Fig. IV.18 : photo représentative des veinules de quartz.....	49
Fig. IV.19 : images représentatives du gypse au niveau de la mine de Khanguet.....	50
Fig. IV.20 : Inclusion de pyrite dans la gangue carbonatée. Section polie, LPN.GX10.....	51
Fig. IV.21 : Galène automorphe encaissée dans les carbonates.....	51
Fig. IV.22 : Galène automorphe incluse dans la barytine.....	52
Fig. IV.23 : Galène xénomorphe dans les carbonates (Section polie, LPN.GX10).....	52
Fig. IV.24 : Galène automorphe dans les carbonates (Section polie, LPN.GX10).....	52
Fig. IV.25 : Cuivre gris encaissé dans l'hématite (Section polie, LPN.GX10).....	53
Fig. IV.26 : Echantillon macroscopique d'hématite.....	53
Fig. IV.27 : Section polie d'Hématite, LPN.GX10.....	54
Fig. IV.28 : Cérusite incluse dans la barytine.....	54
Fig. IV.29 : Grande plage de galène (Ga) avec l'auréole d'altération de la cérusite (Cér) Section polie, LPN.GX10.....	55
Fig. IV.30 : une plage de cuivre gris (Cu) avec l'auréole d'altération de l'azurite (Azu) (Section polie, LPN.GX10).....	55

Liste des tableaux

Tableau1 : paragénétique probable de la minéralisation de Djebel Djebissa.

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 secteur d'étude, Djebel Djebissa forme une structure d'un anticlinale orientée NE-SW. Il est affecté par la tectonique atlasique, et issu des failles orientées NE-SW à E-W.

Il est caractérisé par la présence des minéralisations ferrières (Hématite) et polymétalliques (Pb, Zn, Ba, Cu) encaissées dans les formations carbonatées d'âge Crétacé, sous forme de remplissage des fissures et vides.

MOTS CLETS : Djebel Djebissa, Khanguet El Mouhad, Ain El Mellah, Trias diapirique, minéralisations ferrières et polymétalliques.

Abstract

The study region is part of the Eastern Saharan Atlas. It is characterized by formations ranging from the Triassic to the Quaternary. Triassic formations are found in the central parts of anticline structures.

Our study area, Djebel Djebissa forms a structure of an anticline oriented NE-SW to E-W.

It is characterized by the presence of Iron mineralization (Hematite) and polymetallic (Pb, Zn, Ba, Cu) hosted in carbonate formations of Cretaceous age, in the form of fillings of cracks and voids.

Keywords: Djebel Djebissa, Khanguet El Mouhad, Aïn El Melleh, *Triassic diapir*, Iron and polymetallic mineralization.

INTRODUCTION GENERALE

Les confins Algéro-tunisiens, est un territoire étudié pour son potentiel géologique en général et minier en particulier. Il fait partie de l'Atlas Saharien oriental, constitué par des formations carbonatées d'âge allant du Crétacé inférieur jusqu'au Quaternaire extrudées par un trias diapirique.

L'atlas saharien d'Algérie oriental, est caractérisé par l'existence de nombreux anticlinaux d'orientation NE-SW. Ces massifs à charpente carbonatée, d'épaisseur variables (allant de 5m à 200m) d'âge Crétacé, sont transpercés par du matériel évaporitiques d'âge triasique. Cette région présente un caractère spécifique de la chaîne des maghrébides, à évolution tectono-sédimentaire controversée. Soit du côté Algérien ou sa continuité en territoire Tunisien.

Plusieurs travaux de recherches et de prospections géologiques, structurales et métallogéniques ont été réalisés (Dubourdiou, 1956 ; Perthuisot, 1978 ; Rouvier et Perthuisot, 1992 ; Otmanine, 1987 ; Masse et Thieuloy, 1979 ; Aoudjehane, 1991 ; Bouzenoune, 1993 ; Vila et al, 1991, 1993; Kowalski et al, 1998, 2002 ; Salmi-Laouar, 2004 ; Sami.L 2011).

Cette région est caractérisée par une multitude d'indices polymétalliques et par la présence de gisements de fer (Ouenza et Boukhadra), et de phosphate (Bir El Ater).

Les indices minéraux qu'on trouve généralement, sont des concentrations de minéralisations polymétalliques (Pb, Zn, Ba, Cu, Sr) et ferrières. Elles se localisent aux environs immédiats du Trias diapirique et/ou aux contacts Trias-couverture.

La région d'étude de Djebel Djébissa, est l'une des régions qui fait partie des structures anticlinales à cœur triasique.

Des travaux géologiques ont été réalisés (pendant la période coloniale, par l'EREM, l'O.R.G.M et FerPhos), pour essayer d'exploiter des indices avérés (de fer pour Khanguet El Mouhad) qui se localise au Nord-est du massif et (Pb-Zn pour Ain El Mellah) qui se trouve sur le flanc Nord-ouest)

Dans cette perspective, nous avons entamés notre travail, avec l'objectif d'une révision lithologique des terrains encaissants la minéralisation, ainsi qu'une approche d'étude géologique et gîtologique.

Méthodologie, but et objectifs :

Sachant que cette zone d'étude est potentiellement riche avec de nombreux indices polymétalliques, qui pourraient un jour déboucher sur la mise en évidence de grands gisements économiques, et plusieurs indices ferrières avec une mine de fer toujours en exploitation (Khanguet el Mouhad).

Ce travail est élaboré dans le but, de caractériser les minéralisations (Fe, Cu, Ba, Pb, Zn), une révision lithologique des terrains encaissants, afin de confirmer l'origine des minéralisations, ainsi que le rôle de la tectonique dans la mise en place de ces minéralisations et d'essayer de définir les métallotectes qui la contrôlent.

Pour aboutir à cela, nous avons suivi le plan de travail suivant :

_ Les travaux de bureau basés sur la recherche bibliographique (articles, rapports, thèses, mémoires, et cartes géologiques) liés à la région d'étude.

_ Les travaux de terrain qui ont pour but, la reconnaissance géologique et gîtologique des divers indices rencontrés avec échantillonnage.

_ Réalisation et étude des lames minces et des sections polies des échantillons prélevés pour établir la succession paragenétique probable de nos minéralisations.

Historique des travaux antérieurs :

Le secteur de djebel Djébissa a connu peu de travaux de recherche, limités à la prospection et l'exploitation minière dans la mine de fer de Khanguet el Mouhad découverte en 1904-1911.

DUBOURDIEU (1956) reste le premier géologue a publié une étude sur la géologie du massif de Tébessa (monts du Mellègue). Il a présenté des analyses morphologiques et litho-stratigraphiques, ainsi que la carte géologique au 1/50000 de l'Ouenza et ses environs.

DUROZOY(1956) a publié la première cartographie de Tébessa où il a apporté des informations stratigraphiques des terrains crétacés avec l'établissement de la carte géologique au 1/50000 (feuille de Tébessa).

Après l'indépendance, **POPOV(1976)** présentait une étude sur les gisements de fer en Algérie. Il définit ainsi les guides directes de prospection minière et les zones favorables à la présence de la minéralisation, où il s'est basé sur les anciennes études de la période coloniale.

Une synthèse paléogéographique des confins algéro-tunisiens a été présentée par **VILA (1980)**, sous forme de thèse de doctorat d'état. Il montre le rôle de l'halocinèse triasique (tectonique salifère), sur les formations carbonatées, suite aux mouvements distensifs qui ont caractérisés l'atlas saharien oriental durant le Crétacé.

OTHMANINE(1987) a caractérisé les minéralisations de F, Ba, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé Tébessa-Morsott. Il a envisagé une relation entre la paléogéographie albo-aptienne, le diapirisme et la minéralisation. Il a étudié particulièrement les indices de Hammeimet Nord et Sud, ainsi que ceux de Belkfif pour le Pb-Zn, F, Ba et celui de M'zouzia pour le fer.

ZERDAZI (1990) a réalisé la seule carte gravimétrique sur la région.

De 1991 à 2001, l'Office National de la Recherche Géologique et Minière (**O.R.G.M**) procède avec la collaboration de **J.M.VILA** et son équipe (dans le cadre du programme C.GA./500,O.R.G.M-DSGA/ université Paul Sabatier) à une révision totale de toute la stratigraphie des séries du Sud-est constantinois. Ils publiaient ainsi des cartes géologiques au 1/50000 d'Ain Télijdène, Bir Sbeikia, et Bir El Ater.

Durant ses travaux **VILA ET AL (1994)** attribuaient le Trias de Dj. Djébissa et Dj Dalaâ au domaine des vrais diapirs, contrairement à ceux du Nord de Tébessa qu'il considère comme des glaciers de sel. Ils décrivaient les dômes des séries carbonatées du type « marin cap » à faciès de plate-forme. Avec **CHARRIERE**, ils ont donné de nouvelles précisions stratigraphiques portées sur la barre calcaire du flanc Nord-ouest de Dj. Djébissa, datée turonienne par **DUROZOY (1956)**, feuille de Tébessa. Ils lui attribuent un âge Albo-Aptien et décrivent Dj. Djébissa comme étant un anticlinal coffré à cœur triasique.

BOUZENOUNE et AL. (1995) publient un article sur le Trias du massif de l'Ouenza ; en traitant son contexte diapirique, ses zonations minéralogiques et ses conséquences métallogéniques.

BOUFAA ET AL. (1996) ont publiés une étude concernant l'évolution néogène des structures atlasiques dans les environs de Tébessa. Pour eux, ces structures sont le résultat d'une tectonique à évolution polyphasée.

SALMI -LAOUAR (1998) et SALMI -LAOUAR et AL. (2004), dans leurs travaux de recherche sur le massif de Boudjaber, ont confirmés l'aspect diapirique du trias et la source des minéralisations par l'apport des isotopes stables(S, C, O).

KOWALSKI ET HAMIMED, (2002) ont étudiés les étapes d'effondrement des fossés des confins Algéro-Tunisien.

SALMI-LAOUAR ET AL. (2007) publient les premières données isotopiques sur la mer triasique dans l'atlas saharien oriental (Algérie), ils concluent que les résultats des isotopes du soufre sont compatibles à ceux obtenus dans la méditerranée et la mer triasique dans le monde.

BELALA, (2008) dans son magistère, confirme l'âge Aptien supérieur (Clansayésien) de la barre calcaire du flanc Ouest.

SAMI (2004 et 2011) a présenté dans le cadre de son magister et doctorat une étude où il caractérise du point de vue géochimique les minéralisations à (Pb-Zn, F, Ba, Cu, Fe et Hg) des confins Algéro-tunisiens.

CHAPITRE I

GENERALITES

I-1. Situation géographique :

La région d'étude (Djebissa) fait partie de la Wilaya de Tébessa, qui est située à 620Km au Nord Est d'Alger et à 45Km de la frontière Tunisienne (Fig. I.1), 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.

Du point de vue climatique, elle est considérée comme une région de transition météorologique, chaude et sèche en été, froide et rigoureuse en hiver avec des températures moyennes de 37°C et un hiver froid avec des températures de -4 à 10°C. La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 400 à 500mm.

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.



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

La région d'étude, l'anticlinale de Djébissa, est située à 16 Km à l'Est de Tébessa et à 15 km au sud d'EL-Kouif, à proximité de la frontière Tunisienne.

Il est limité par les coordonnées géographiques: 35°20'-35°25' de latitude Nord et 8°15'-8°20' de longitude Est (Fig. I.2).

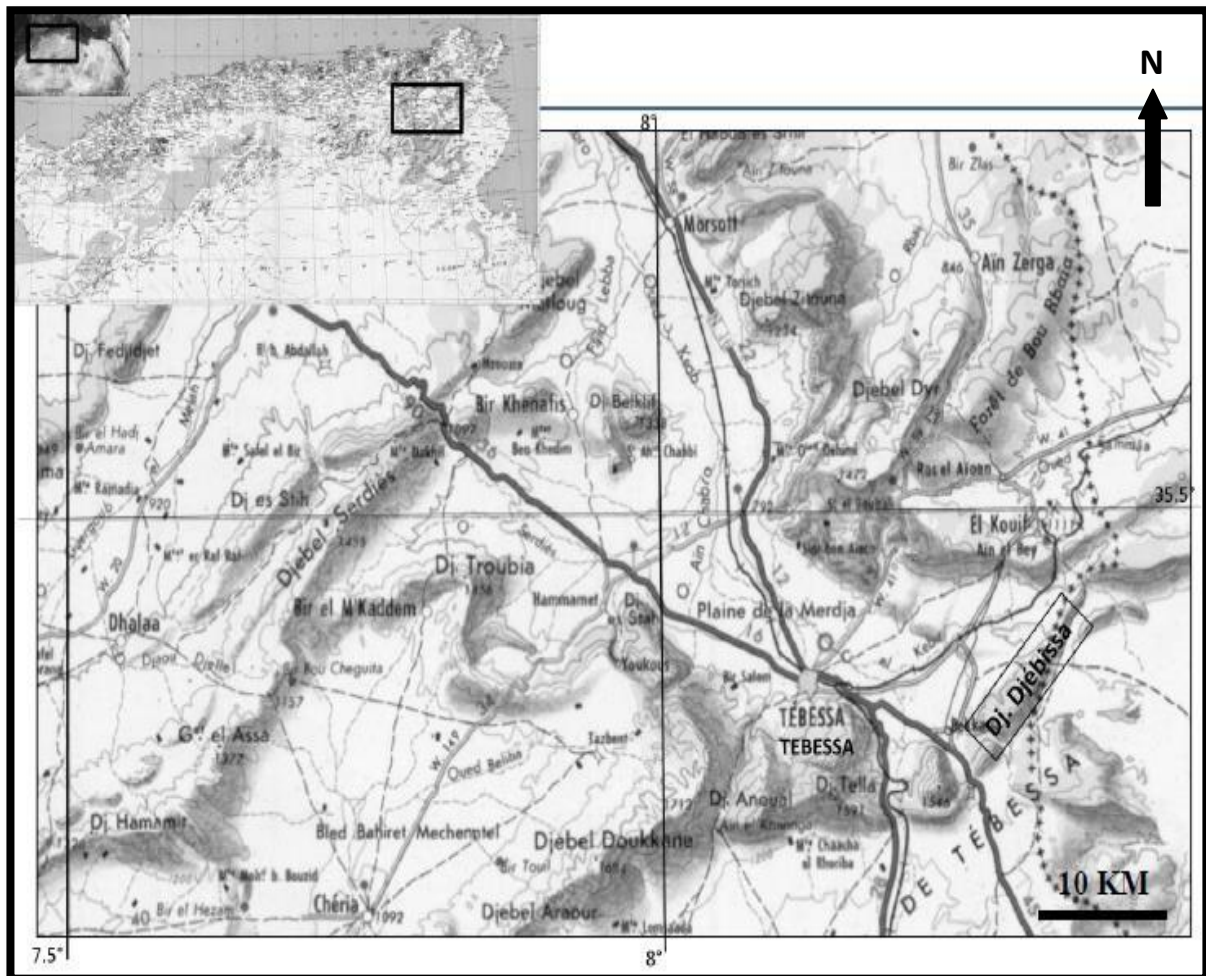


Fig. I.2 : Situation géographique de La région d'étude (extrait de la carte topographique à 1/50000 de Tébessa)

Le Dj.Djébissa s'étend sur plus de 12 km de long et 3 à 4 km de large, selon la direction atlasique NE-SW. Il présente un alignement de petites crêtes qui culminent à 1230m (Dj. Bekkaria) entourées par des étendues planes. Il est drainé par deux principaux oueds : l'oued Djébissa et l'oued Bekkaria, en plus de quelques affluents creusés dans la masse triasique centrale (l'oued Mellah).

Par ailleurs, dans le remplissage Plio-quaternaire du fossé d'effondrement de Tébessa, gisent des nappes salées dans la partie basse de la plaine (à proximité du Djebel Djébissa).

Le massif est caractérisé par une végétation typique des zones subsahariennes, avec la présence d'une forêt de pin d'Alep dense, la végétation est pauvre : l'alfa, le figuier de barbarie.

CHAPITRE II

GEOLOGIE REGIONALE

II. 1. Cadre géologique régional :

La région de Tébessa dénommée par Dubourdiu (1956), Monts de Mellègue, fait partie intégrante de l'Atlas Saharien Oriental. Elle 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.

• 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 Naïls (Atlas Saharien central) et enfin les monts des Aurès, Nementchas et les monts du Mellègue (Atlas Saharien oriental) (Kazi- Tani N., 1986, in Bettahar A., 2003) (Fig. II.1).

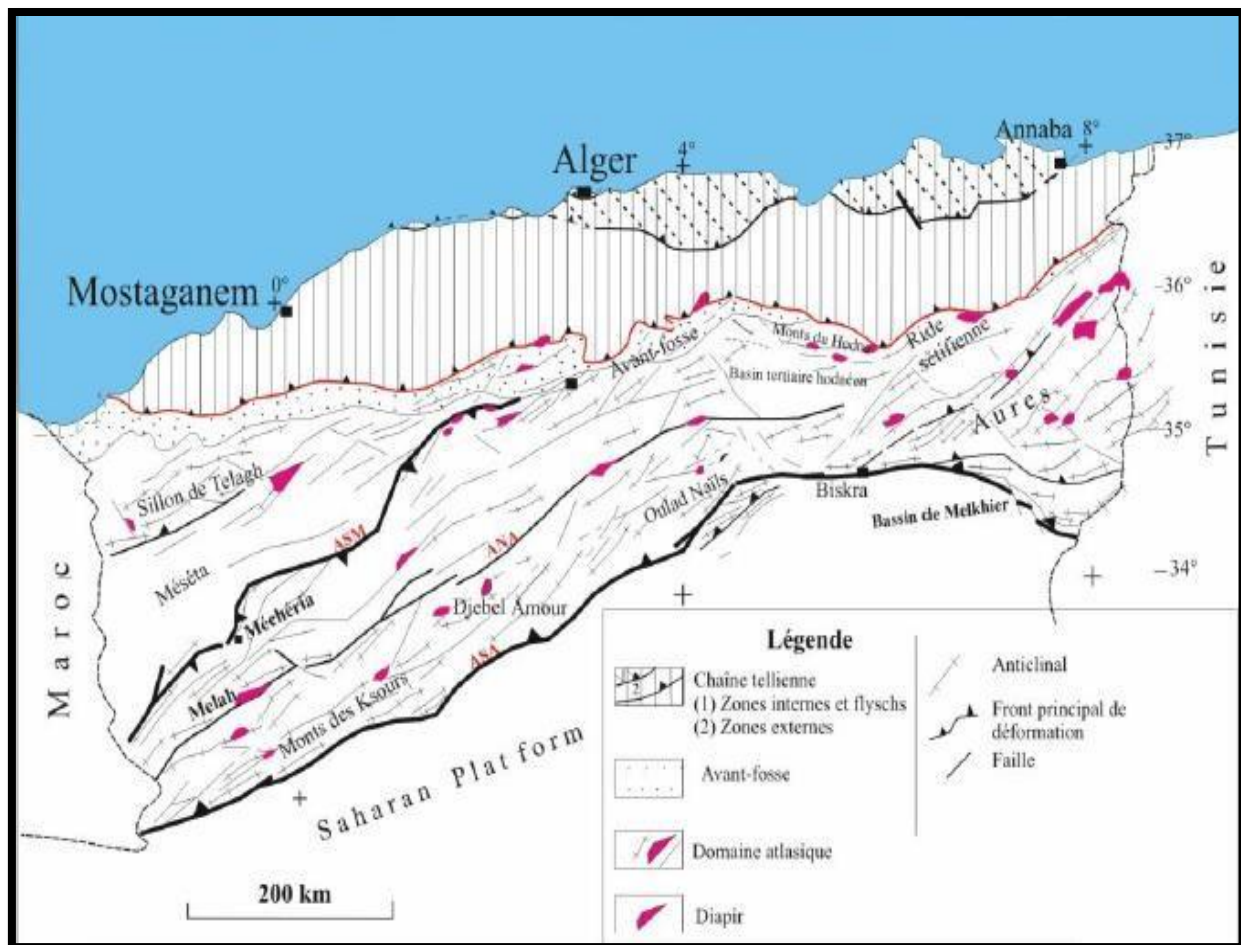


Fig. II.1: Schéma structural du nord de l'Algérie (in Chacha et Al., 2004).

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 dénommé Accident Nord Atlasique (ANA) et l'autre au sud dénommé Accident Sud Atlasique (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 est orientée N120°-N150°, elle 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).

- **Cadre géologique des confins Algéro- tunisiens :**

La région d'étude fait partie de l'Atlas Saharien oriental, qui s'étend depuis les Aurès jusqu'aux Nementchas (Herkat M., 1999).

Cette zone bien individualisée est structurée depuis le Crétacé inférieur. 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) sous forme diapirique.

Le Jurassique est absent en surface dans les confins Algéro-tunisien, les terrains les plus anciens reconnus dans la région ont été datés du Barrémien au djebel Harraba (Dubourdiou 1956, Sami L, 2004).

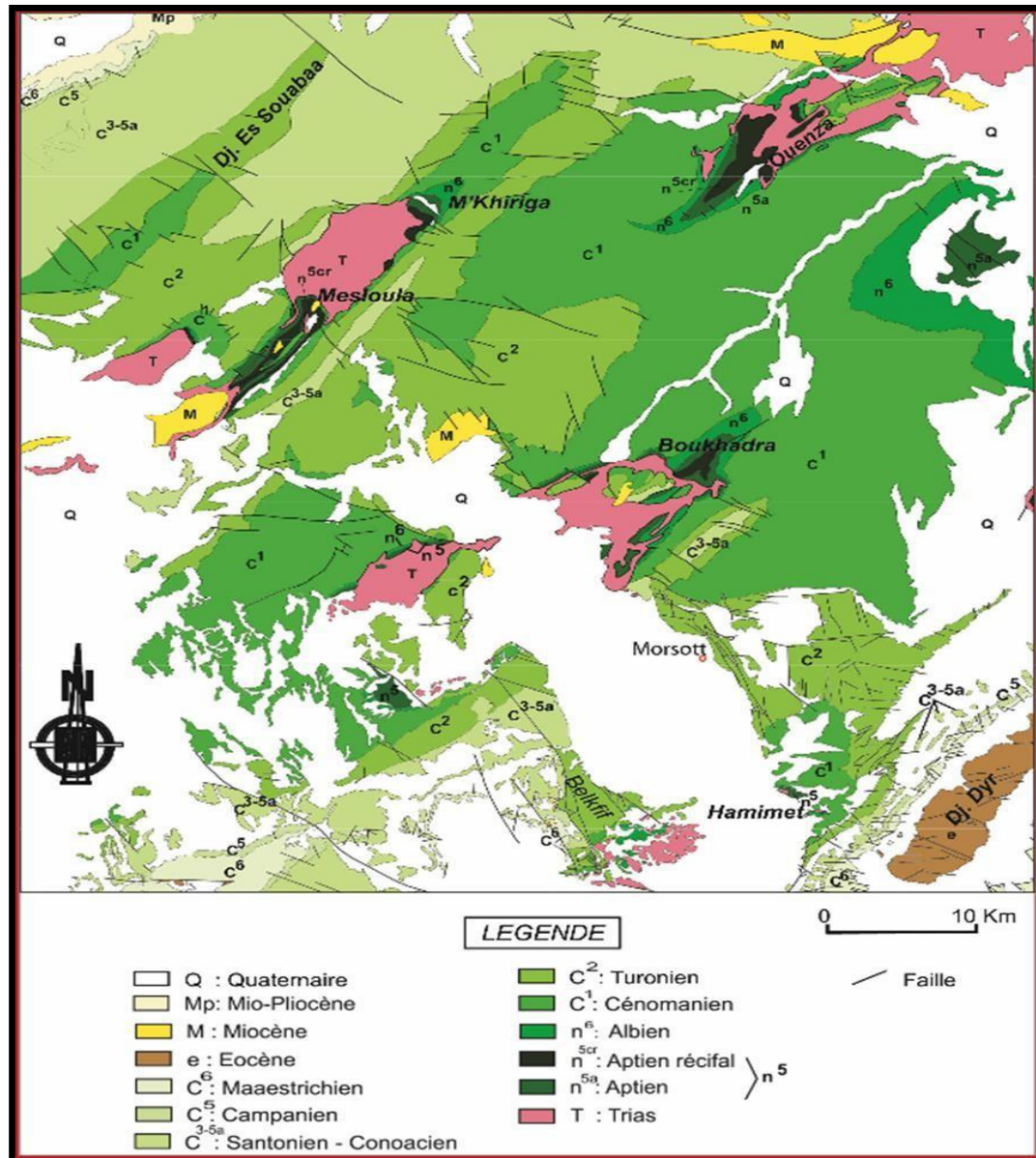


Fig. II.2 : Carte géologique de confins algéro-tunisiens (cartes géologiques au 1/50.000 de Meskiana, Morsott, El Aouinet, Boukhadra, Oued Kébarit et Ouenza, (Sami 2011).

II.2. Aperçu litho-stratigraphique :

II.2.1- Le Trias :

Le Trias de la région d'étude se présente sous forme diapirique et ce depuis les travaux de Flandrin (1932).

Les formations triasiques se rencontrent dans les parties centrales des structures anticlinales soulevées. Elles constituent des étendues chaotiques, intensément déformées, bréchifiées et écrasées.

Plusieurs coupes du Trias de la région des confins algéro-tunisiens ont été décrites depuis longtemps par divers auteurs. Dans la région de Souk Ahras par Blayac et Gentil (1897), puis par Blayac (1907) dans la région d'El Aouinet et de l'Ouenza par Dubourdiou (1956, 1959).

Et enfin dans la Haute Medjerda par David (1956) et plus récemment dans le Sud-est constantinois par Vila (1994).

Dans sa majeure partie, ce Trias est représenté par un mélange d'argiles bariolées, de marnes, de grès et de gypse emballant des blocs rocheux insolubles de dolomies noires, de grès micacés, de calcaires, de cargneules et d'ophites (Dubourdiou, 1956).

Dans l'ensemble de la région, les masses triasiques extrudées sont bordées par d'importantes formations calcaires, classiquement rapportées à l'Aptien et attribuées à une sédimentation récifale (Dubourdiou, 1956 et 1959).

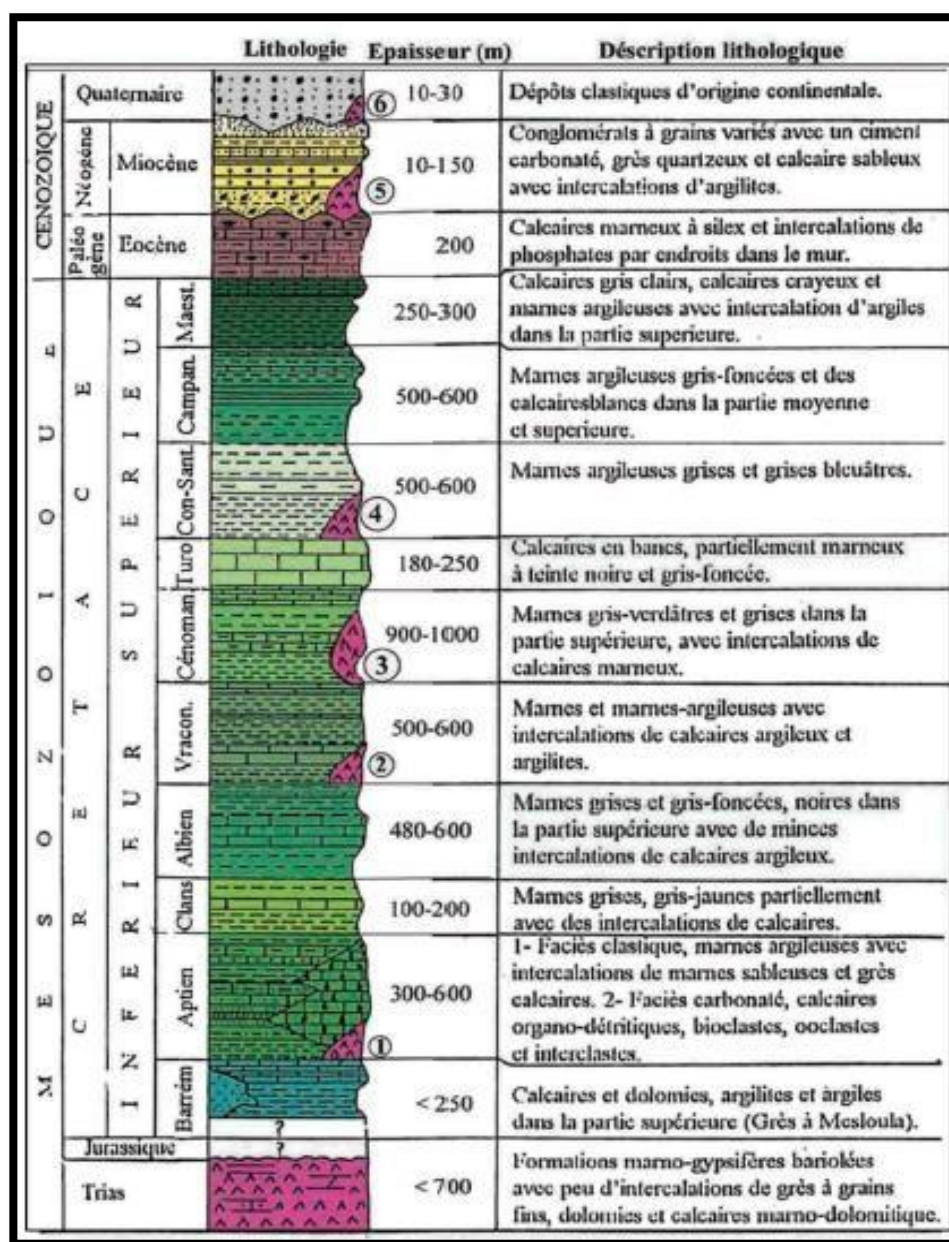


Fig. II.3: Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (D'après : Dubourdiou 1956, 1959 ; David 1956; Madre 1969 ; Fleury 1969 ; Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vila et al 2000, in Sami, L., 2011).

II .2.2- Le Jurassique :

Les affleurements jurassiques ne sont pas connus dans la région. Les terrains les plus anciens reconnus, ont été datés du Barrémien au Djebel Harraba par Dubourdiou (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-aptiennes, 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 Dubourdiou (1956) attribue au Barrémien. Au niveau de l'anticlinal de Sidi Embarka à 2Km au SE du Djebel Harraba, Dubourdiou (1956) décrit un Barrémien Marno-argileux 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

Dubourdiou (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 marno-calcaire jusqu'à l'Albien.

La série représentative de ce Vraconien a été décrite à Boukhadra (Dubourdiou, 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 Mesloula, il observe des marnes vertes qu'il n'arrive pas à séparer de celles du Cénomanien sus-jacent. Et dans certains endroits comme à l'Ouenza et au Djebel Slata, le Vraconien transgressif remanie des éléments triasiques (Smati, 1986 ; Perthuisot et al, 1988; Masse et Thieuloy, 1979, Sami, L., 2011).

e- Le Cénomanien

Le Cénomanien 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 lumachelles 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 (Dubourdieu, 1956).

La limite supérieure du Cénomanien 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 .2.4- Le Miocène (Néogène)

Le Miocène, est peu épais dans la région (100m). Il affleure à Ouenza, Bekkaria, et à Mesloula 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 .2.5- 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 suivie 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).

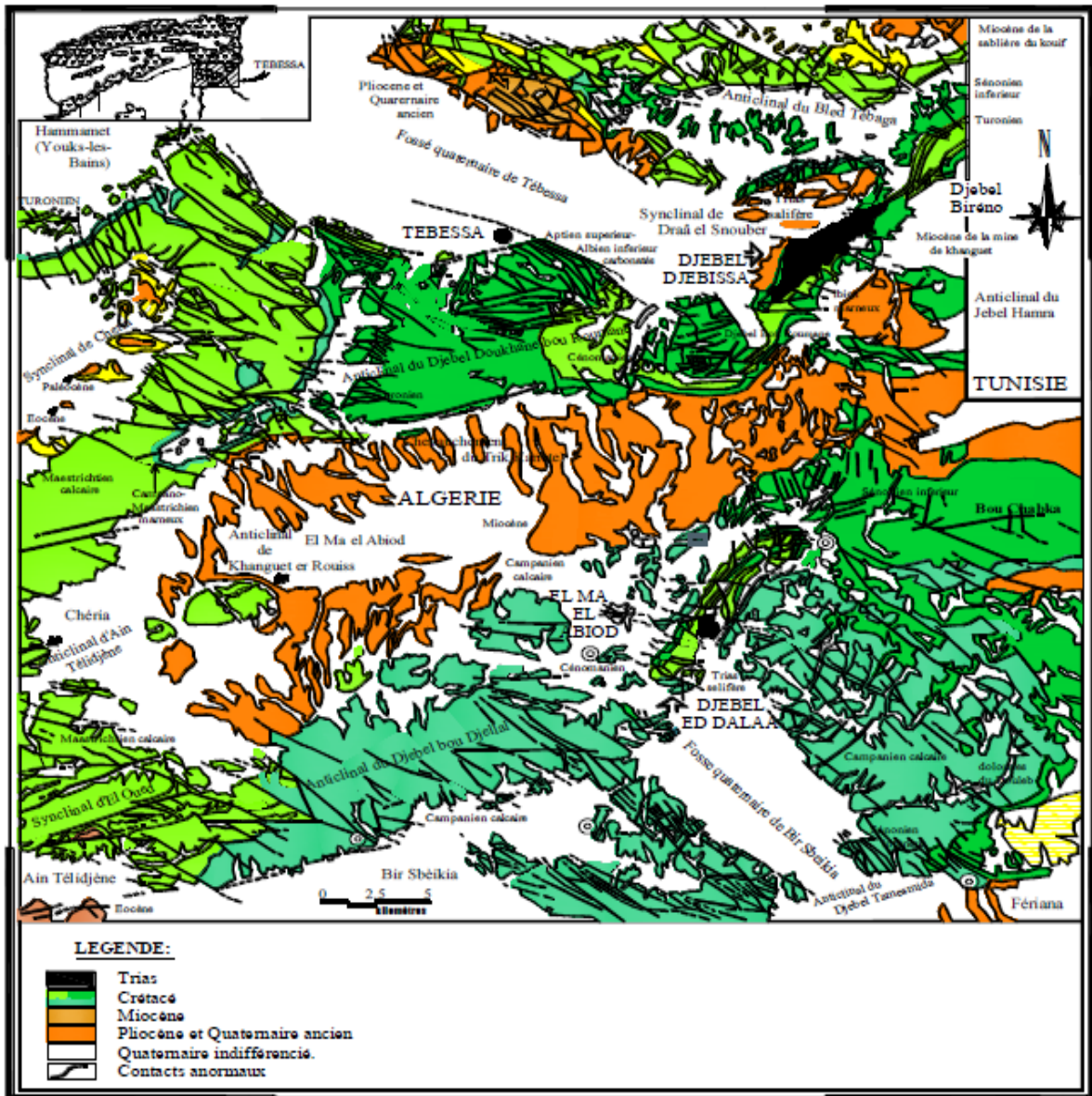


Fig. II.4 : carte géologique régionale « confins algéro-tunisien » Dubourdieu 1956.

II .3. Aspect paléogéographique et structurale :

Du point de vue structural, la région d'étude est rattachée habituellement au domaine atlasique Kazi Tani, (1986), alors que Guiraud (1993), l'intègre dans le domaine pré atlasique. Elle est caractérisée par un domaine plissé à anticlinaux complexes, incluant souvent de vastes affleurements de matériel triasique.

Dans cette région interfèrent deux directions structurales majeures :

- la première NE-SW est marquée par les extrusions triasiques ;
- la seconde NW-SE à WNW-ESE, marquée par les fossés d'effondrements.

La zone des fossés est calquée sur les accidents anciens ayant fonctionné initialement Au Crétacé. Leur présentation actuelle est d'individualisation récente (Pléistocène) selon Blès, (1969).

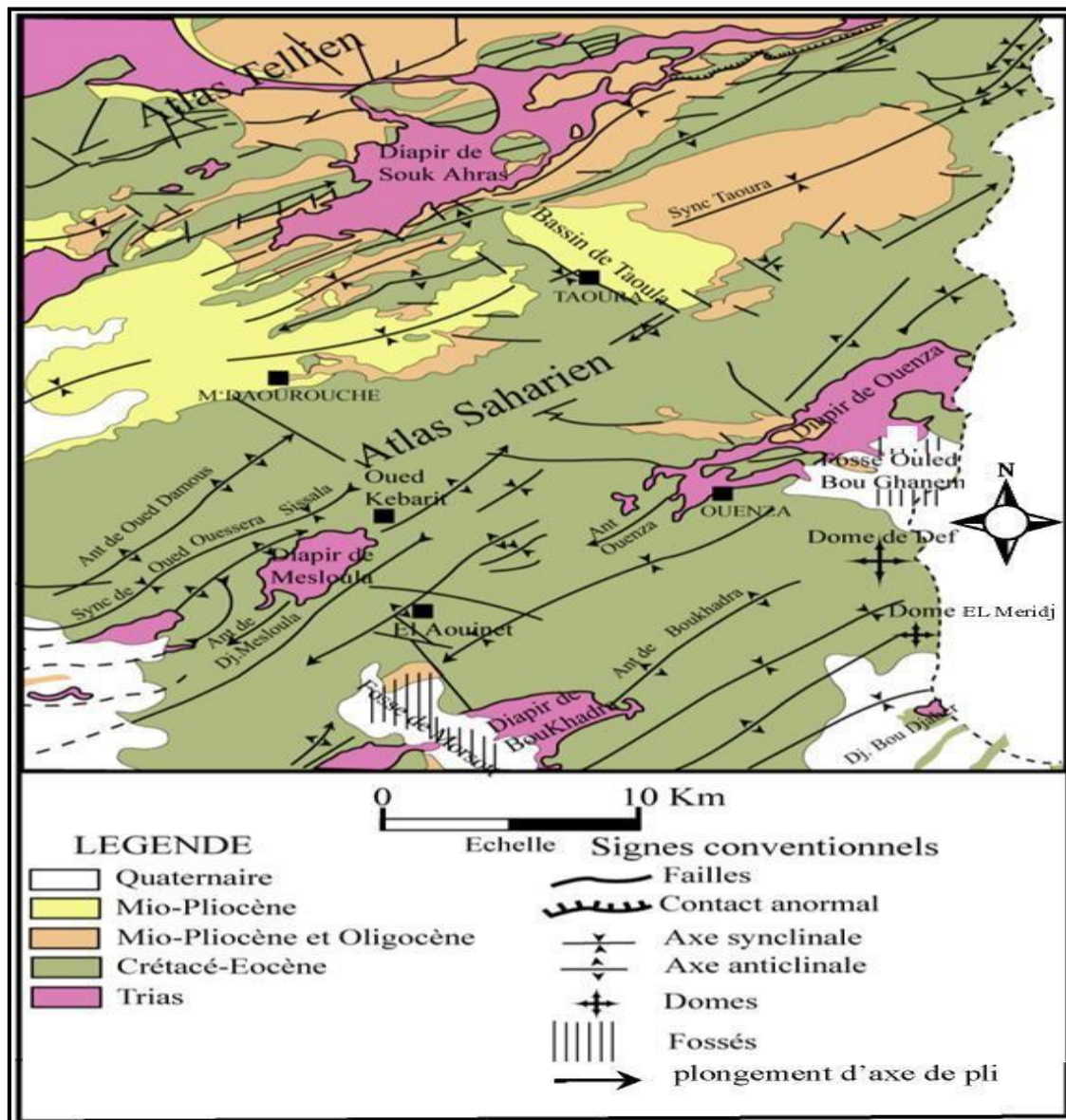


Fig. II.05 : schéma structural des confins Algéro-tunisiens (Sami, L, 2004).

- **La subsidence :**

Les dépôts post triasiques et anté-Barrémien dans la région des monts de Mellègue sont absents, cela est due probablement à la grande subsidence anté-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 lesquelles s'est déposée une sédimentation carbonatée sub-récifale. Ces hauts fonds peuvent subir des émergences qui se traduisent par le biseautage des couches, par des lacunes de dépôts et des hiatus stratigraphiques qu'on trouve même en sondage (Bouzenoune, 1993 in Hadache, N et Kadi, K., 2010).

- **Diapirisme des formations triasiques :**

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

Ils sont ceinturés par des séries de calcaires récifaux d'âge aptien.

Le contact Trias-encaissant est généralement visible mais difficilement interprétable (Bouzenoune, 1993). Ce contact apparaît sous deux aspects :

- il peut être souligné par des laminages tectoniques ce qui a provoqué la disparition de tranches de terrains: du Barrémien à Mesloula (Dubourdieu, 1959), et de l'Aptien à l'Ouenza (Bouzenoune, 1993).

- sédimentaire, souligné par des conglomérats à éléments triasiques comme celui de l'Ouenza et Mesloula (Dubourdieu, 1956, 1959 ; Bouzenoune, 1993).

Cette disposition du contact Trias-encaissant a amené Vila au cours de cette dernière décennie à reprendre l'étude du Trias des confins algéro-tunisiens.

Il distingue trois domaines distincts, du Nord vers le Sud, selon les conditions d'affleurement du Trias :

- 1- un domaine du Trias allochtone sous forme de grandes accumulations tectoniques «au front de nappe». Ce Trias allochtone se rencontre dans les régions de Sédrata et de Souk Ahras.

- 2- un domaine à «glaciers de sel» sous-marins de matériel triasique resédimenté, «de type de l'off-shore de Parentis dans le golfe de Gascogne (Curnelle & Marco, 1983), mis en place en extension au pied d'un escarpement de bloc basculé ».

Ce type de Trias a été observé : au Djebel Ladjebel, à l'Ouenza, Ouasta, M'Khiriga-Mesloula, Boukhadra, M'zouzia, Boudjaber et en Tunisie Nord occidentale.

- 3- un domaine où le Trias montre ses véritables structures diapiriques, au Sud d'une ligne WSW-ENE passant sensiblement à mi-chemin entre El Kouif et Tébessa.

Cette structure est observée au Djebel Djebissa, Djebel Bouroumane, Djebel Delaa. (Durozoy 1956, Dubourdieu, 1959, Villain 1978, Otmanine, 1987, Vila 1992, Sami Lounis 2004.)

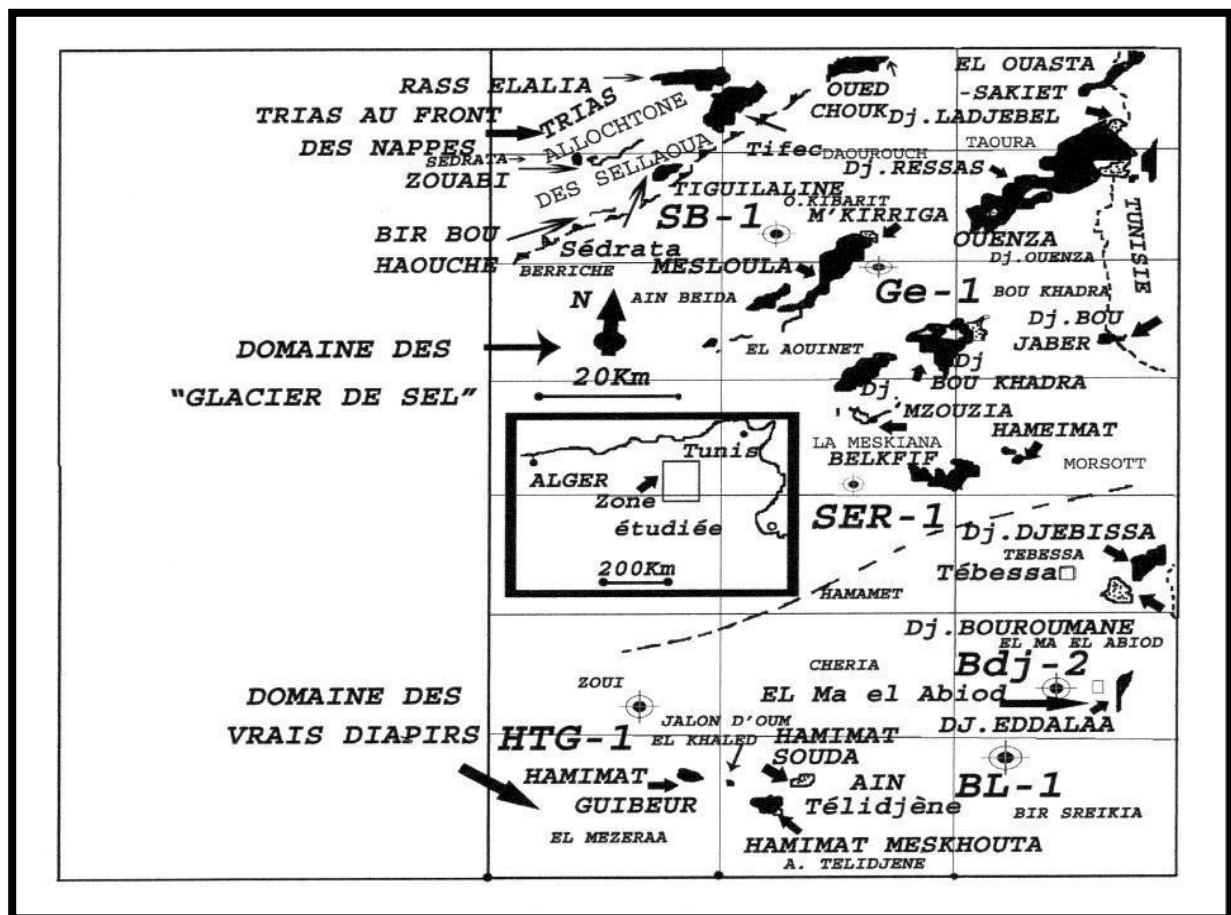


Fig. II.6 : Délimitation des domaines triasiques dans les confins Algéro-tunisiens (Vila, 1994).

• Les plissements

La zone des diapirs des confins Algéro-tunisiens est caractérisée par des plis d'orientation NE-SW, qui présente 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 exacte de ces plissements est très discuté, il est compris entre l'Eocène et le Miocène marin (Dubourdiou et al, 1950, Dubourdiou, 1956; Blès et al, 1969. Vila, 1980; Kazi Tani, 1986, in Sami L, 2011).

• Les fossés d'effondrement

Dans les confins Algéro-Tunisiens, les fossés d'effondrement sont orientés NW-SE et WNW-ESE. Ils sont bordés par des accidents majeurs à valeur de failles normales ayant un rejet différent d'un fossé à un autre. Ce rejet est évalué de 100 à 400 m dans le fossé de Tébessa – Morsott. (Dubourdiou et al. 1950).

Ces fossés sont comblés par des dépôts Plio-quaternaires pouvant atteindre une puissance de 170 m dans le fossé de Tébessa – Morsott (Dubourdiou et al. 1950) et près de trois cents 300 mètres dans celui de Kasserine en Tunisie (Zaoui, 1984).

L'âge de ces fossés d'effondrement est très discuté. Pour certains auteurs, tels que Durozoy (1950), Castany (1951, 1954), Dubourdiou (1956), David (1956), Kazi-Tani (1986) et Otmanine (1987), ces fossés résultent d'une intense activité tectonique distensive post Miocène inférieur ; alors que pour d'autres, (ex : Bismuth (1973), Chihi (1984), Chihi et al, (1984, 1991) Et Ben Ayad (1991)), les premières manifestations sont enregistrées au cours de la distension crétacé et l'effondrement majeur a eu lieu durant le Pliocène.

Le fossé de Tébessa, d'orientation WNW-ESE, reste le plus important fossé de la région. Il présente le prolongement du fossé de Kasserine à l'Est (Tunisie) et se poursuit au NW par le fossé de Morsott orienté NW-SE.

Si le fossé de Morsott s'est formé après le stade compressif de la phase pliocène inférieur, le fossé de Tébessa s'est effondré à la cour du Pliocène supérieur - Villafranchien inférieur (Kowalski et al. 2002). Sa stratigraphie a été récemment décrite par Kowalski et al. (1997, 2002).

- **Litho stratigraphie du fossé d'effondrement de Tébessa**

Le graben de Tébessa ne contient pas de sédiments miocènes. Les dépôts d'âge Miocène ne se sont pas sédimentés dans le fossé, mais ont été effondré avec leur substratum plus ancien et érodés au cours du remplissage du fossé au Pliocène.

Les sédiments pliocènes se sont mis en place en discordance seulement dans les zones effondrées, en général sur des sédiments du Crétacé et de l'Eocène plissés et érodés. Les sédiments les plus anciens occupent la partie septentrionale et orientale du fossé, observable également au pied du Dj. Djébissa.

Ce sont des conglomérats d'origine continentale, composés d'éléments de roches carbonatées et de quartz à ciment argileux brun rouge et des niveaux argileux, se désagrégeant en graviers et galets. Le forage X4 en montre une épaisseur de 120 m. Ces formations sont recouverte par 70 m de sables et graviers quartzeux, également visibles à l'affleurement près de Bekkaria. Durozoy (1956) leur a attribué un âge Pliocène.

Les grès consolidés du Pliocène supérieur forment la base du forage 69, indiquant leurs existences au centre de la partie méridionale du fossé de Tébessa.

Les sédiments du Pliocène supérieur (Villafranchien inférieur) appartenant au premier stade d'effondrement, ont été en grande partie érodés. Ceci en liaison avec le deuxième stade d'effondrement qui a affecté presque toute la surface du fossé au Villafranchien supérieur (Pléistocène inférieur) (Kowalski et al, 2002).

Les graviers et cailloutis calcaires provenant de cônes alluviaux anciens du Pléistocène inférieur occupent une grande partie des zones limitrophes et marginales des fossés (Tébessa, Morsott et Hammamet). Ces sédiments sont érodés dans la partie orientale du fossé de Tébessa près de Dj. Djébissa (Ceci est dû probablement à l'intensification périodique de la poussée diapirique dans le massif).

Le Pléistocène moyen est probablement formé de sédiments argileux. Les graviers et les cailloutis calcaires du Pléistocène supérieur se sont accumulés dans la partie centrale du fossé. Selon Zerdazi (1990), l'épaisseur totale de ces formations peut atteindre 5 km.

- **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 linéament.

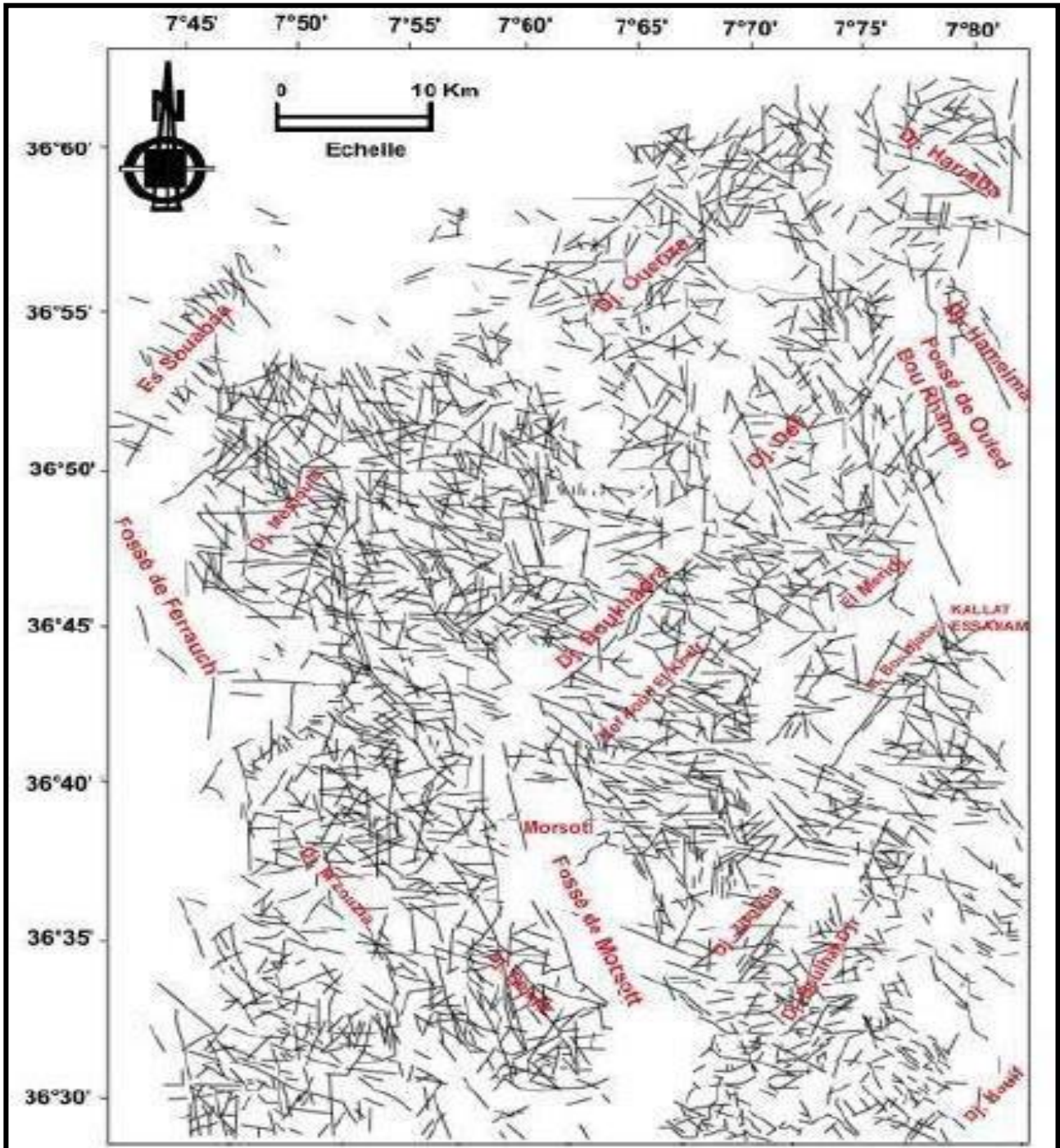


Fig. II.7 : Trame dense de la fracturation d'après l'étude des photographies aériennes au 1/20.000 et 1/50.000 (Sami, L, 2011).

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.

➤ **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 Cénomanien inférieur (Chihi, 1984 et Chihi et al, 1984). Cet épisode se traduit par des failles normales syn-sédimentaires.

b- la phase Cénomanienne 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).

➤ **Les Phases Tertiaires** : sont représentées par :

a- La phase atlasique (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 (Sami, L., 2011).

Chapitre III

GEOLOGIE LOCALE

III.1-Introduction:

Djebel Djebissa, est situé à l'est de Bekkaria, et à l'ouest de Monts de Tébessa. C'est une montagne de 1120 m d'altitude, (Fig. III.1).

Le massif présente un relief accidenté et difficilement accessible. L'ensemble de ce massif forme une structure anticlinale orientée NE-SW, qui fait plus de 15 Km de long, et de 2 à 6 Km de large (Belala, 2008).



Fig. III.1 : image satellite de Djebel Djebissa (MapBox).

Le cœur de la structure, est occupé par des terrains d'âge triasique de 500 à 1500m d'affleurement en largeur. Ce Trias est intrusif dans les terrains sus-jacents. Dans le secteur d'étude comme dans tous les massifs du Mellègue, le Trias est discordant sur les terrains du Crétacé inférieur, le quaternaire qui occupe le bas des flancs du massif assurant ainsi le passage vers le fossé de Tébessa. Le Sénonien dont le Maestrichtien apparaît dans l'extrémité Nord-est du massif.

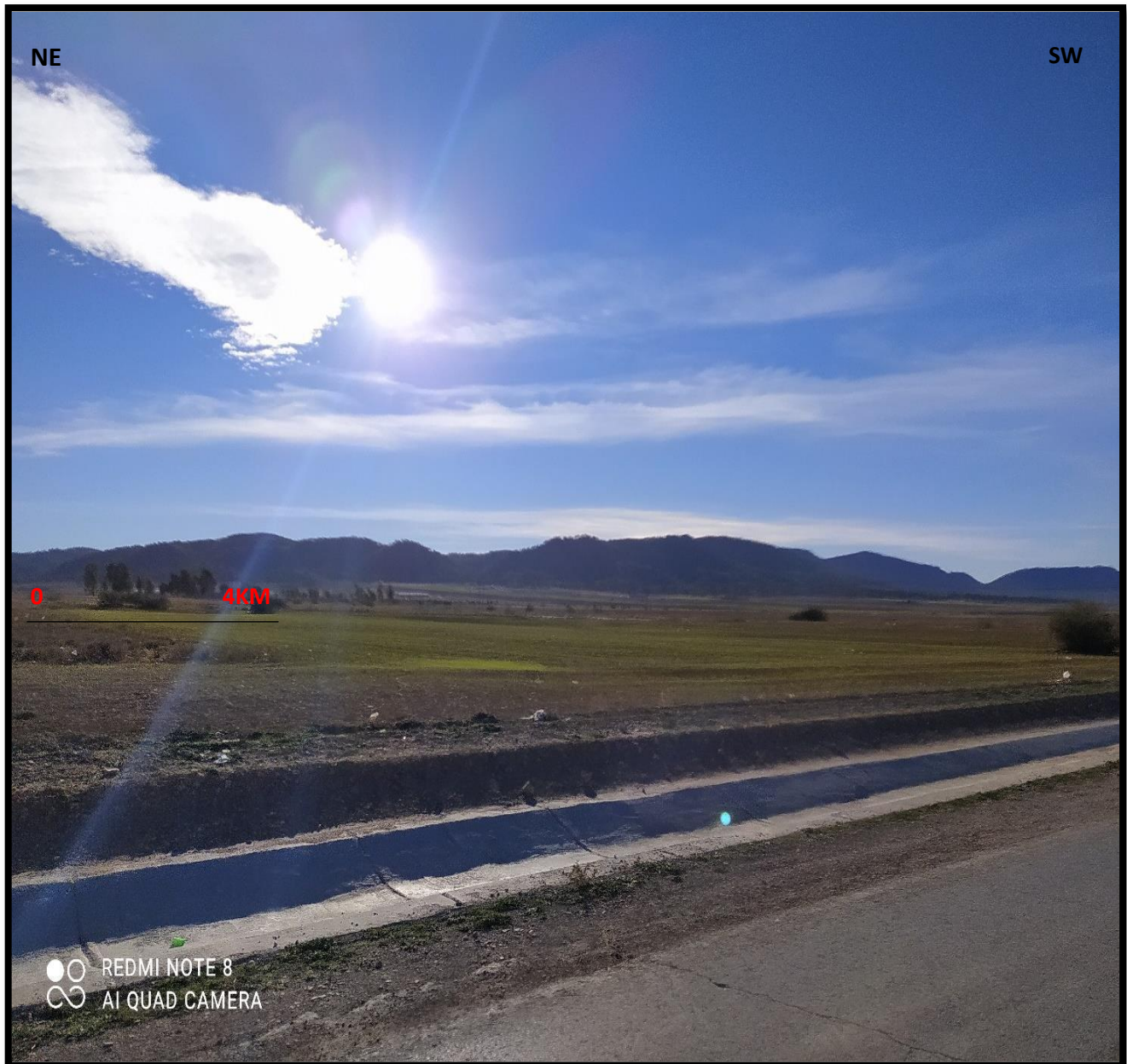


Fig. III.2 : Vue panoramique du massif de Djebissa

III.2- Lithostratigraphie (Fig. III.3):

III.2.1- Le Trias :

Le Trias de Dj. Djebissa, se présente sous forme d'intrusion diapirique (Durozoy G ,1956). Il forme une dépression composée de masses argilo-gypsifères de couleur bariolée, où apparaissent quelques îlots de dolomie triasique et quelques blocs de roches carbonatées arrachées de l'Aptien-Albien.

Il est essentiellement constitué par du gypse de couleur varié rougeâtre à verdâtre. Il se présente sous forme feuilleté en plaquette, fibreux, et parfois cristallin. Il apparaît aussi sous forme schistosé admettant des éléments remaniés : Grés très fins grisâtres, des blocs marneux gris clair sub-arrondis, dolomie brunâtre à rougeâtre sub-arrondi.

Son contact avec la couverture se présente en plusieurs aspects. Il est représenté par des argiles et des marnes bariolées, parfois ferrugineuses associées au gypse, qui forme des filons centimétriques à métriques, par des fragments de dolomie noir, parfois grisâtre intercalé par des veinules de célestine blanchâtre.

III.2.2- Le Crétacé :

a- Aptien :

Les affleurements de l'aptien sont les formations qui encaissent la minéralisation. Ils forment la barre NW du massif.

Charrière et al, 1996 réalisent trois coupes sur la partie centrale de Djebel Djébissa, dans les affleurements de l'Aptien :

- Au Khanguet El Mouhad : se trouve une série de gros bancs massifs jaunâtres de calcaire Packstone, des minéralisations en ankérite et oxydes de fer, aux niveaux le plus haut marqué par d'abondantes Orbitolines, bryozoaires à ciment micritique à quelque grains de quartz détritique et ankérite, il s'agit de microfaciès dans le Gargasien supérieur (Charrière et al, 1996).

- A Oued El Mellah : au niveau de l'ancienne mine de plomb, elle est marquée par les mêmes types de facies qui sont des calcaires bio-détritiques de texture Wack-stone à Pack-stone, à débris organiques représentés par des Orbitolines, des gros fragments d'Echinodermes. Ces microfaciès indiquent le Gargasien supérieur (Charrière et al, 1996).

- A la rive droite de l'Oued Djébissa : l'aptien représenté de bas en haut : de calcaire minéralisé à texture Pack-stone à Wack-stone riche en Orbitolines, Rudiste, Echinoderme.

b- Albien :

Il est décrit comme une association de carbonates généralement bioclastiques. On trouve à la base les marnes noires légèrement rubéfiées au sommet, ces dernières ne sont pas décelables de celles du Vraconien (Charrière et al, 1996). L'Albien calcaire, a été signalé dans la barre de bordure NE (Khanguet El Mouhad) au-dessus des niveaux de l'Aptien supérieur. Il est généralement formé de calcaires bioclastiques à gros Huitres, séparés par des calcaires noduleux, Il est suivi d'un banc de calcaire micritique à débris de rudistes.

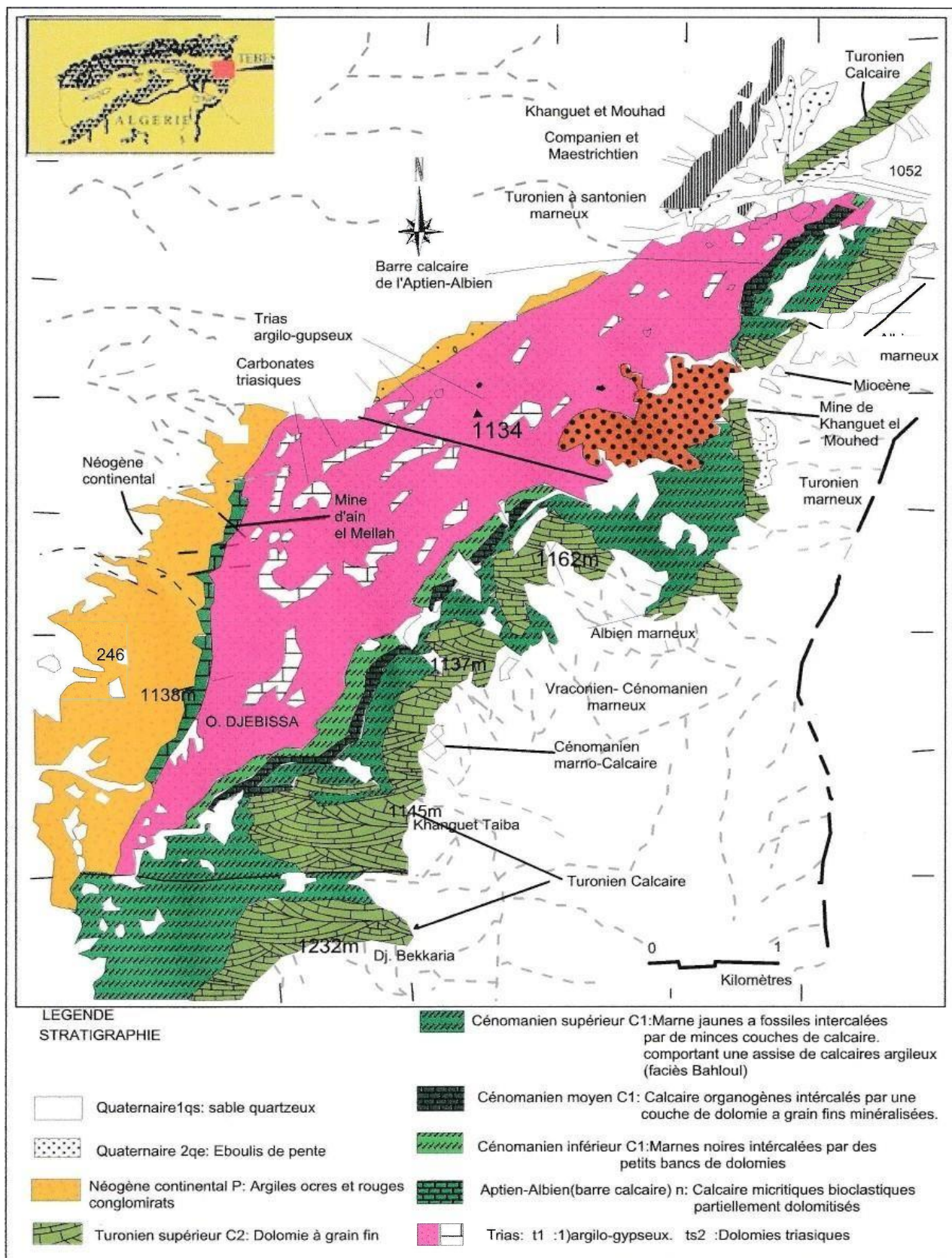


Fig. III.3 : Carte géologique simplifiée du diapir du Djebel Djébis
(D'après : Durozoy (1956), des levés partiels de J.M Vila et A. Charrière (1992) et de J.M Vila (1993).

c- CénoManien :

Il est représenté dans la partie Est de l'anticlinal de Djebel Djebissa au-dessus du Trias, par des intercalations de marnes gris verdâtres et de calcaires organogènes dolomités (rapports de l'O.R.G.M, 1997 et 2002).

- CénoManien inférieur :

Il est caractérisé par des marnes noires à gypse, avec les lumachelles gris en dalles intercalées par des petits bancs de dolomies et par endroit marno-calcaire.

- CénoManien moyen :

Il affleure au Djebel Bekkaria, dans la partie aval de l'anticlinal. Il est représenté par des calcaires organogènes intercalés par une couche de dolomie à grain fin minéralisé.

- CénoManien supérieur :

Il affleure à la terminaison de Djebel Taiba, et au Sud de Djebel Khanguet. Il est caractérisé par des marnes jaunes à fossiles (lumachelles, microfaunes) intercalées par de minces couches de calcaires composant une assise de calcaires argileux (faciès Bahloul).

Au Sud et au SE de Djebel Djebissa, le cénoManien inférieur et moyen sont indifférenciés (Belala, 2008).

d- Emscherien (Coniacien et Santonien) :

Ces terrains constituent de petits affleurements aux NE du Djebel Djebissa, c'est une série monotone de marne noire, marne argileuse grise verdâtre et gris jaunâtre avec une assise épaisse de lumachelles jaunes (Rapport de O.R.G.M, 1997 et 2000).

e- Campanien –Maestrichtien:

Les affleurements des terrains du Campanien et du Maestrichtien sont, localisés dans l'extrémité NE du massif. Ils sont constitués par des calcaires marneux feuilletés, blanchâtres (Rap O.R.G.M, 1997 et 2000). Selon Durozoy, 1952 ils renferment des empreintes de poissons.

III.2.3- Le Tertiaire :**a- Eocène :****- Éocène inférieur :**

Il est formé par des séries de marne noire et jaunâtre parfois gréseuses à plusieurs couches phosphatées.

- Eocène supérieur :

Il est formé par du calcaire à bancs de silex (Durozoy, 1956).

b-Miocène :

Se trouve dans la plaine de Djebel Djebissa, caractérisé par des séries de grès continentaux transgressifs, en discordance angulaire avec le Turonien (Durozoy, 1956).

c-Pliocène :

Il affleure sur les deux flancs de l'anticlinal au voisinage de l'Oued Djebissa. Ce sont des dépôts continentaux formés de couche parfois verticalisée d'agiles ocre rouge ; des conglomérats grossiers rougeâtres et des sables quartzeux, contenant du bois silicifiés.

III.2.3- Le Quaternaire :

Les formations quaternaires bordées autour de l'anticlinal, sont constituées par des cailloux anciens, le plus souvent perchés sur les argiles à gypse ou sur les marnes cénomaniennes, des alluvions, ainsi que des conglomérats à disposition horizontale.

- Les coupes géologiques du Djebel Djebissa :

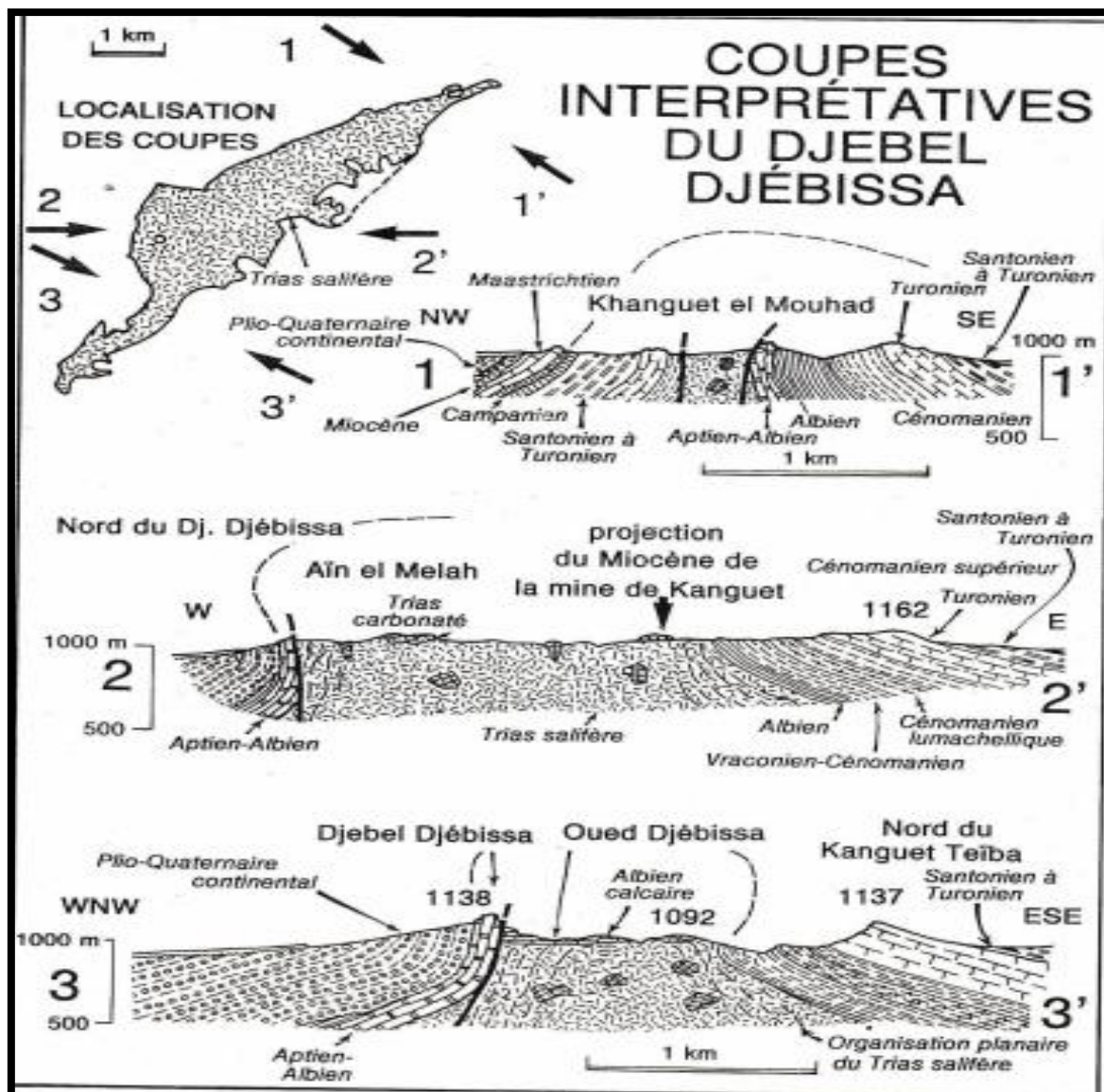


Fig. III.4 : Coupes sériées de djebel Djebissa (Charrière et al, 1996).

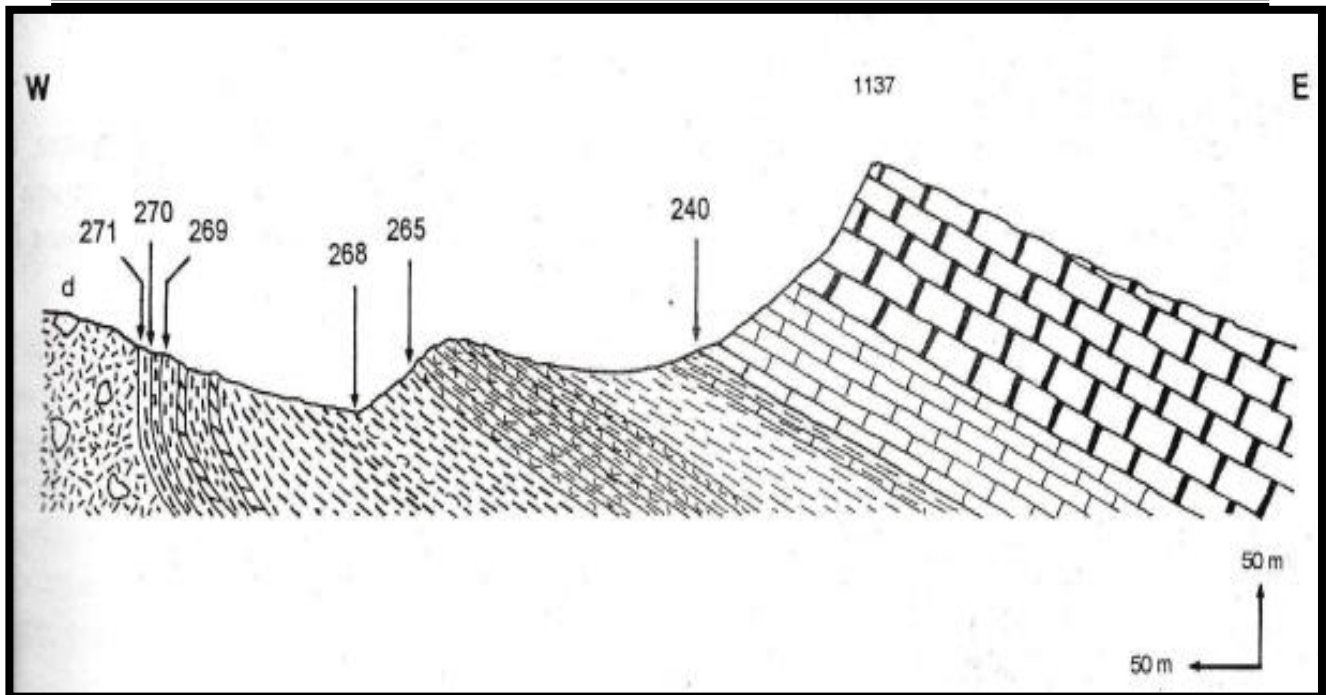


Fig.III.5: Coupe de Cénomano-Turonien de la bordure S-E (Charrière et al, 1996).

III.3- Tectonique :

La structure anticlinale du massif de Djebissa est affectée par des accidents cassants et sa stratification normale et simple permet la subdivision lithostratigraphique des roches formant l'anticlinal.

Le contact entre les roches gypsifères du Trias et les terrains sus-jacents est de nature tectonique (Thibieroz et Madre, 1976).

Le flanc Nord-Ouest est en forme réduite, et les couches sont redressées ou verticales sous l'effet des poussées halocinétiques, les différents types d'accidents sont :

III.3.1-Les terminaisons périclinales :

Le Trias de Djebel Djebissa est caractérisé par sa forme lenticulaire, dans laquelle l'anticlinal s'est structuré, et /ou se présente deux terminaisons :

- La première est au NE de l'anticlinal, elle formée par de deux flancs ou le trias présente un aspect vertical en apparence :

- Le flanc SE est formé par des calcaires de l'Aptien supérieur- Albien inférieur, suivi par les marnes et calcaires du Cénomaniens.
- Le flanc NO est formé par les calcaires et marnes du Turonien à Santonien, suivi par les calcaires Campanien et Maestrichtien. Ces deux flancs, ont subi un cisaillement par des accidents transversales E-O (Belala, 2008).

- La deuxième n'est pas vraiment nette, à cause de l'effondrement d'une partie du flanc NW dans le fossé de Tébessa, et sa structure par la suite a été compliquée par des accidents de direction E-O.

III.3.2-Les déformations souples :

Le Dj. Djébissa offre l'image d'un pli anticlinal atlasique simple, allongé suivant la direction NE-SW. Sa structuration actuelle est le résultat de la compression atlasique majeure d'âge fini-Eocène, développée au-dessus d'une masse triasique déjà active depuis l'Albo-Aptien (Vila, 1994; Charrière et al, 1996; Kowalski et al, 1997 ; Vila, 2001). Elle se raccorde au Nord, le synclinal l'Oglat El Rbaib d'où son axe passe par les crêtes de Dj. Bouroumane avec une direction N40°E (Belala, 2008).

Dans la région du Djebel Bouroumane, il s'infléchit progressivement vers l'Ouest en suivant rigoureusement cette direction plus loin.

Par la suite, il a eu une évolution tectono-sédimentaire indépendante par rapport aux massifs environnants, du moins, au Crétacé inférieur et durant le Quaternaire. Cette évolution est marquée par une tectonique distensive Crétacé et un Trias diapirique. Il a été déformé ultérieurement suite à l'effondrement du fossé pendant la phase Villafranchienne, responsable aussi de la reprise des mouvements ascensionnels du Trias.

Le massif a eu au moins deux phases plicatives majeurs, une en relation directe avec la dynamique du Trias et l'autre, induite par la compression atlasique d'âge fini éocène.

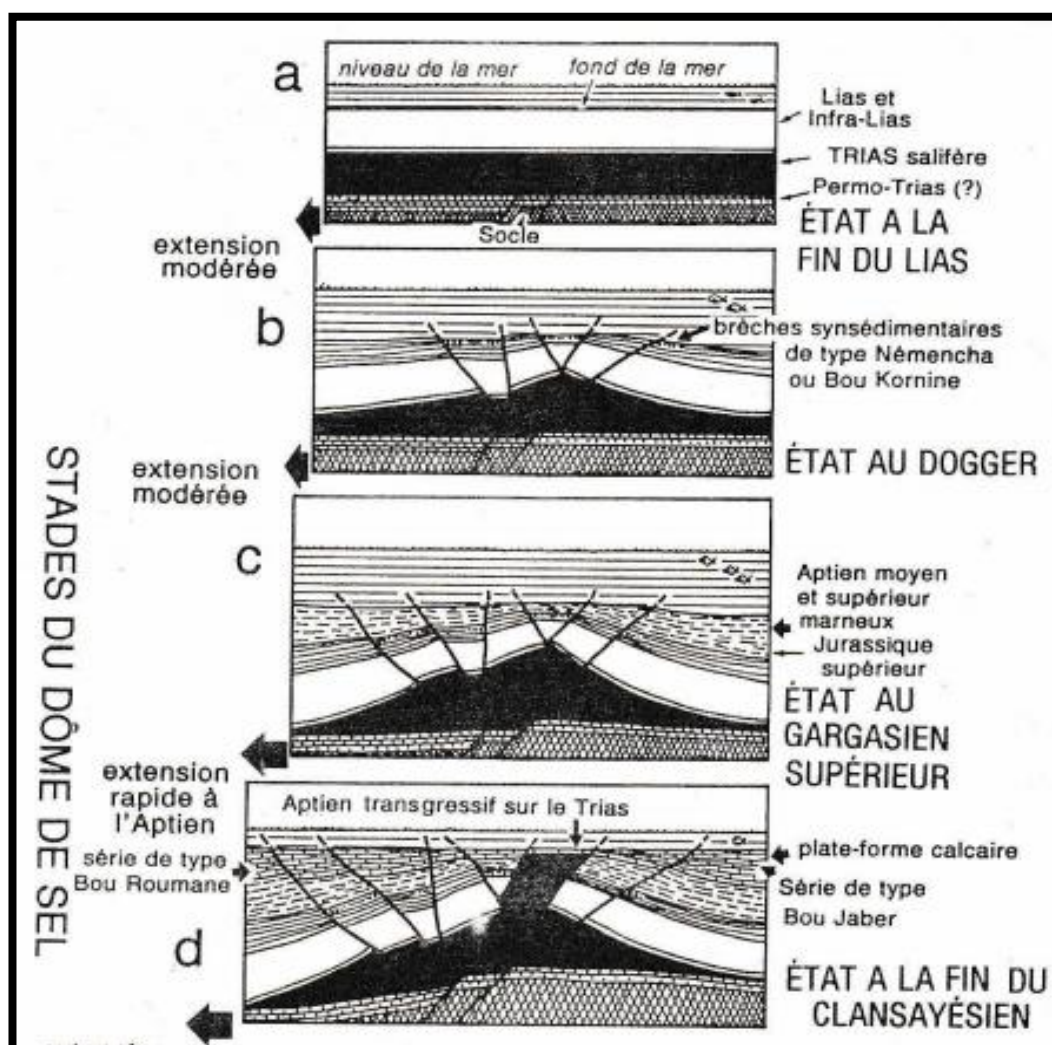


Fig.III.6 : Les phases extensives du Trias (Charrière et al, 1996).

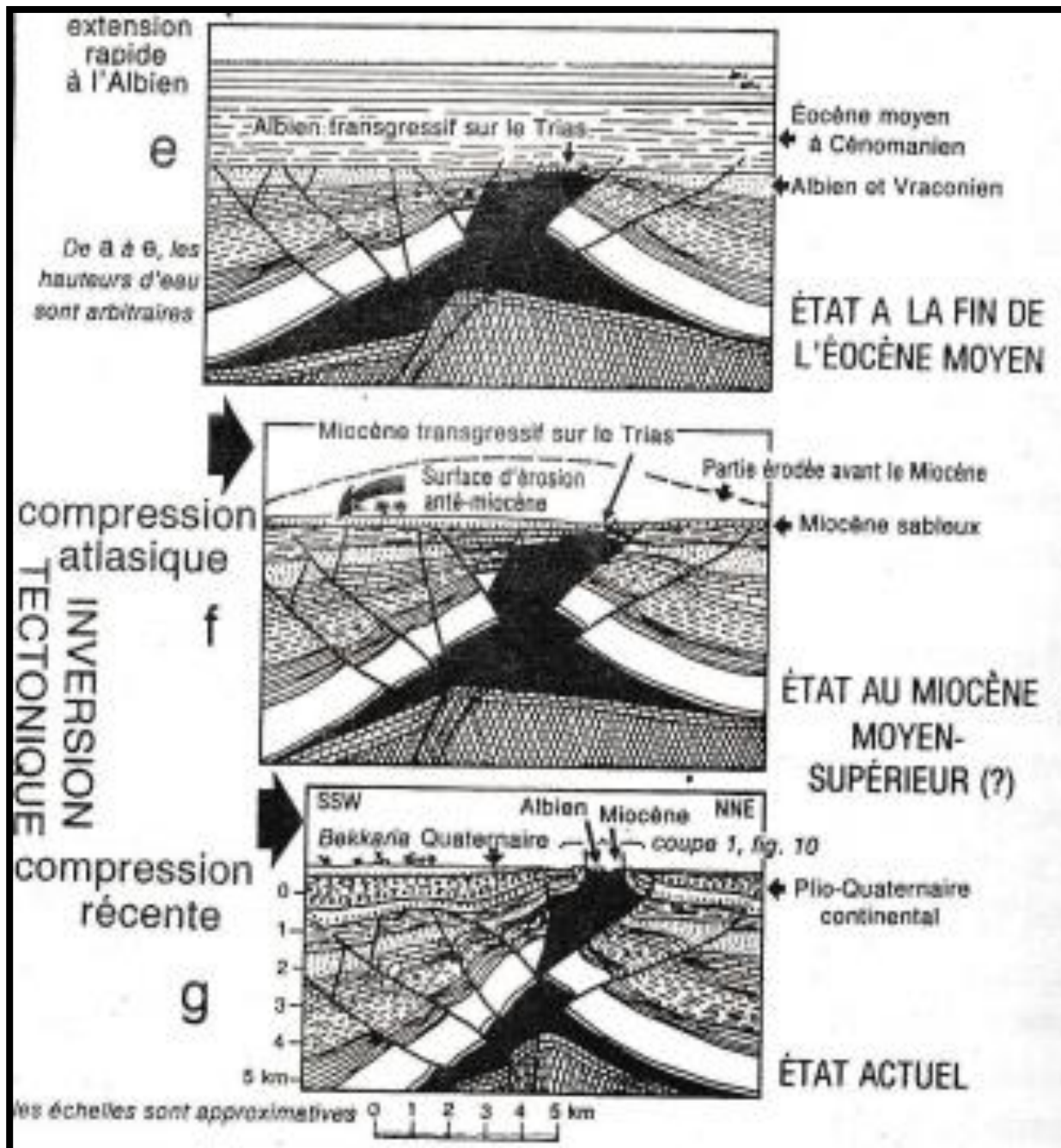


Fig.III.7: Les phases compressives du Trias (Charrière et al, 1996).

III.3.3-Les déformations cassantes (Fig.III.8) :

On relève la présence de deux systèmes d'accidents de directions N-E, S-O contrôlant le percement des roches triasiques, le troisième système E-O sur les versants Nord et Sud de Djebel Djebissa.

Les accidents E-W affecte la plus grande partie de Djebel Djebissa. Ils limitent la mine de fer de Khanguet el Mouhad, qui semble installée suite au décalage vers l'E d'une partie des formations de l'Aptien-Albien basales. Ces failles ont rejoué ultérieurement suite à la compression Villafranchienne (Chili et al, 1984 ; Smati, 1986).

D'autres accidents de directions NW-SE observés dans les deux flans de Djebel Djebissa, se manifestent surtout au Sud de la mine d'Ain el Mellah. Ils se présentent sous forme de petits décrochements parfois à composante dextre, rapporté à la phase atlasique fini-Eocène (Laffitte, 1999 ; Kazi-Tani, 1986).

Les linéaments dextre NE-SW se manifestent le long de la charnière de l'anticlinal, actuellement occupé par le matériel triasique (O.R.G.M ,1979). Ils ont favorisés l'ascension et la mise en place du matériel triasique à partir de l'Aptien supérieur (Dubourdieu, 1956 ; Smati, 1986 ; Bouzenoune, 1993). Ces fractures sont liées à la tectonique distensive de la phase fini lutétienne, responsable également des plissements du Pliocène inférieur et du Plio-Quaternaire dans la région de Tébessa, (Kowalski et al, 1997).

Les accidents N-S présentes dans la partie orientale du massif, recoupent les formations de l'Albien et du Quaternaire. Leurs mouvements sont à composante senestre ou normale, selon Burolet (1956) et Blés et al (1969) ; cette direction d'accidents serait rapportée à la phase pliocène. Ils sont les moins intenses et les moins importants avec un allongement de 200m à 800m et un pendage sub-vertical.



Fig.III.8 : Faille inverse (N115°) au nord du massif de Djebel Djebissa

III.3.4-Relation fracturation-minéralisation :

Le point le plus remarquable est la relation directe des minéralisations ferrifères de Khanguet El Mouhad et l'accident majeur. Ce dernier aurait joué un rôle important dans le transport et la mise en place des fluides minéralisateurs. Pour la minéralisation polymétallique observée au niveau d'Ain el Mellah, elle serait issue des fluides ascendants à l'interface Trias-couverture, ainsi que le long de l'accident NW-SE. Donc on doit retenir le rôle important de la fracturation dans le transport et la mise en place des minéralisations(Fig.III.8).

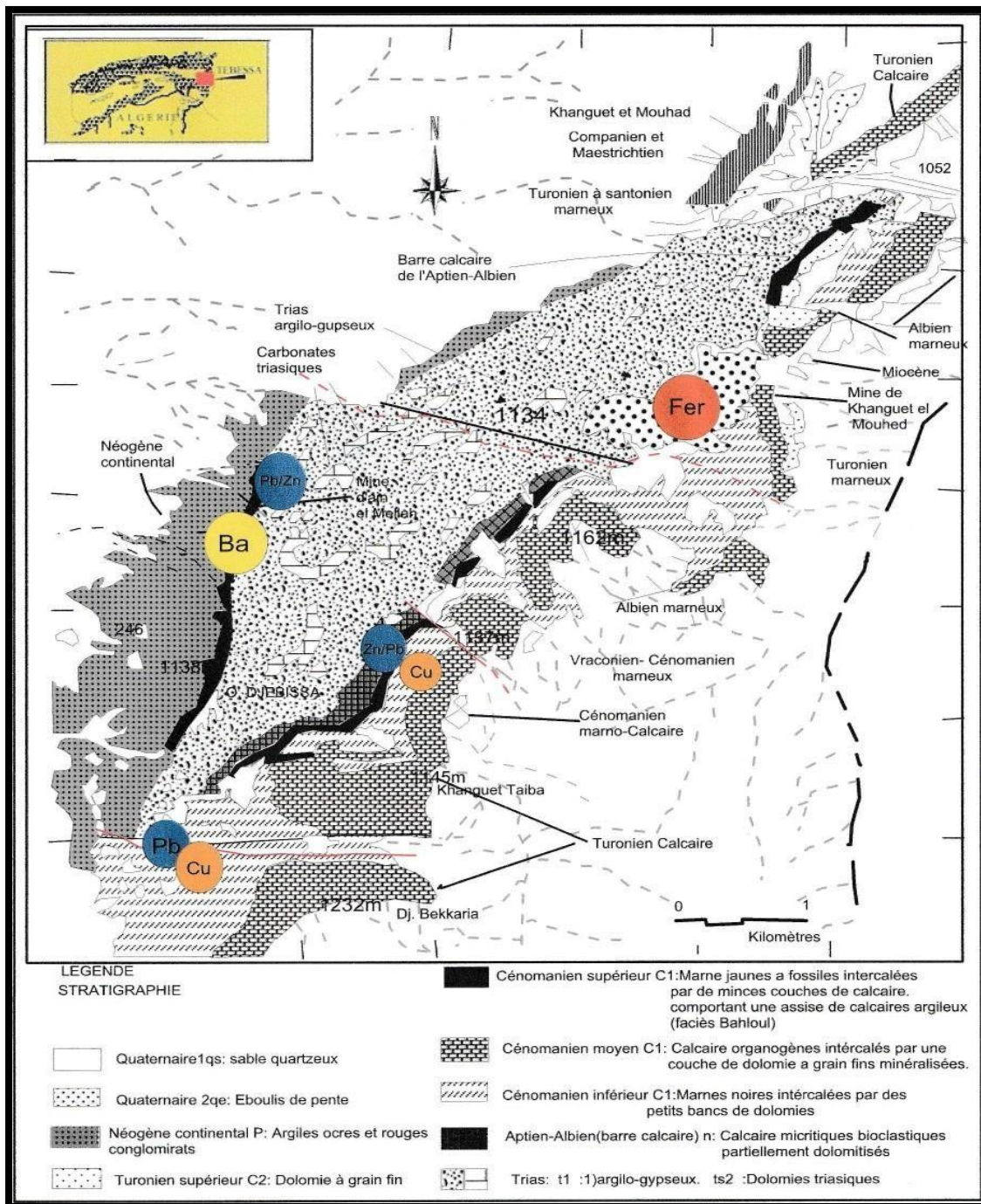


Fig.III.9 : Carte géologique montrant la relation entre les minéralisations et la fracturation (Charrière et al, 1996).

III.3.5- Diapirisme :

III.3.5.1-Les périodes de percement triasique :

Les affleurements triasiques de l'Algérie nord orientale et de la Tunisie centrale, sont considérés comme des diapirs depuis les travaux de Pervinquier (1903) sur le Trias Tunisien et de Dubourdiou (1956) dans les monts du Mellègue en Algérie.

L'apparition du Trias en surface dans les régions de l'atlas saharien oriental marqué à l'Albien (Fig.III.9), grâce à une halocinèse en contexte tectonique extensif (Perthuisot, 1978 ; Vila, 1995). Les corps triasiques à retenir apparut en affleurement à l'Yprésien et recouvert ensuite par le Lutétien transgressif (Perthuisot, 1999).

Le diapir de Djebel Djebissa présente des modalités variables de contact avec des niveaux divers d'âge Aptien à Quaternaire, cette dynamique ascensionnelle est régit par les différents régimes tectoniques qui ont marqué le domaine atlasique d'Algérie Nord Oriental.

Par conséquent, les phases d'activités diapiriques ont été décrites :

III.3.5.2- Diapirisme durant l'Aptien :

Vila, (1994), pense que la faiblesse de l'épaisseur de la barre carbonatée du versant NW n'est pas d'origine mécanique, différent au Nord (Boudjaber) et par rapport à l'Aptien de Bouroumane qui est proche, ce sont des séries d'épaisseur réduite probablement déposées sur un dôme de sel actif à l'Aptien et l'Albien.

Le contact entre la barre carbonatée de ces derniers étages visible sur Oued Djebissa, subit les pires conséquences du diapirisme ou elles présentent :

- Un changement de son orientation, primitivement NE-SW (orientation de Dj. Djebissa) qui devient près d'Ain el Mellah N-S.

- Des diminutions d'épaisseur sur les côtes par rapport au milieu de la barre, forme aussi une lentille.

- Basculement de ces barres vers le NW (Belala, 2008).

III.3.5.3-Diapirisme au Pliocène inférieur :

Les études réalisées sur les fossés d'effondrement des environs de Tébessa et sur la tectonique Plio-Quaternaire, montrent que le Djebel Djebissa a subi une autre phase tectonique au Pliocène inférieur. Cette dernière, indique une composante dextre de la compression avec une contrainte maximale N20° (Kowalski et al, 1997).

III.3.5.4-Diapirisme au Pliocène supérieur (Plio-Villafranchien) :

C'est la phase la plus remarquable au Djebel Djebissa, et aussi le résultat des contraintes maximales.

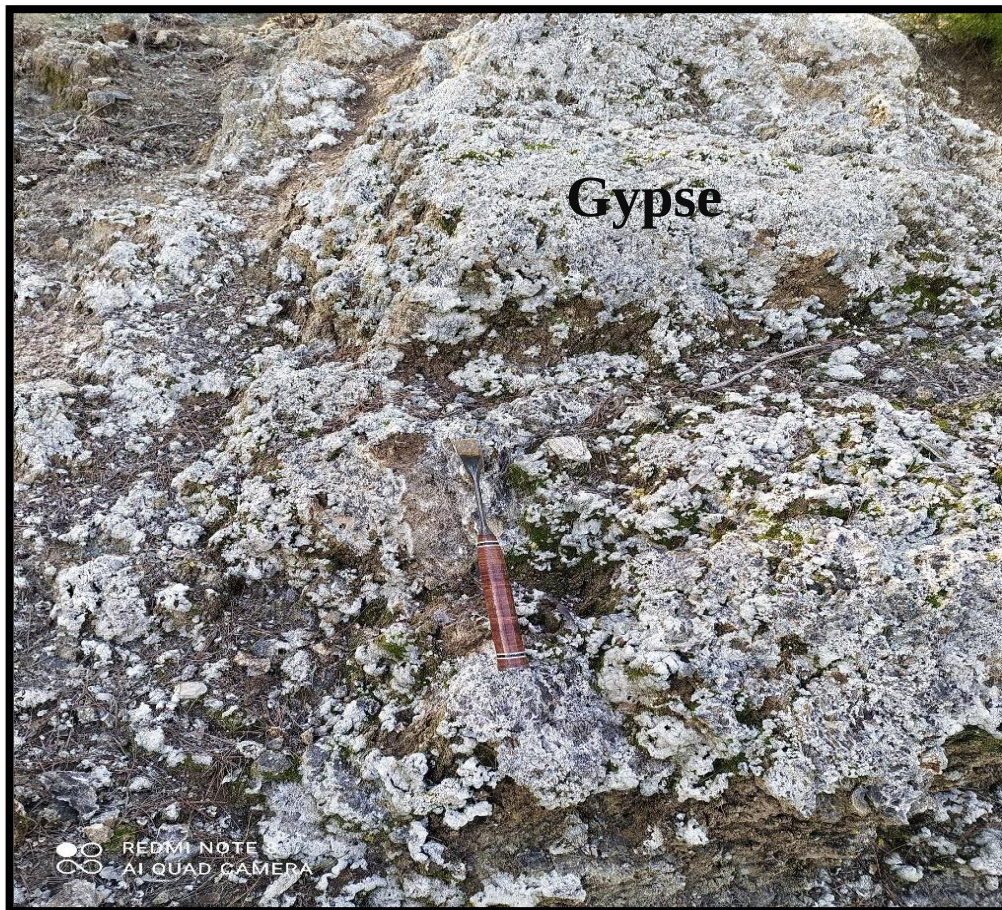


Fig.III.10 : Image représentative d'un affleurement du Trias gypsifère.

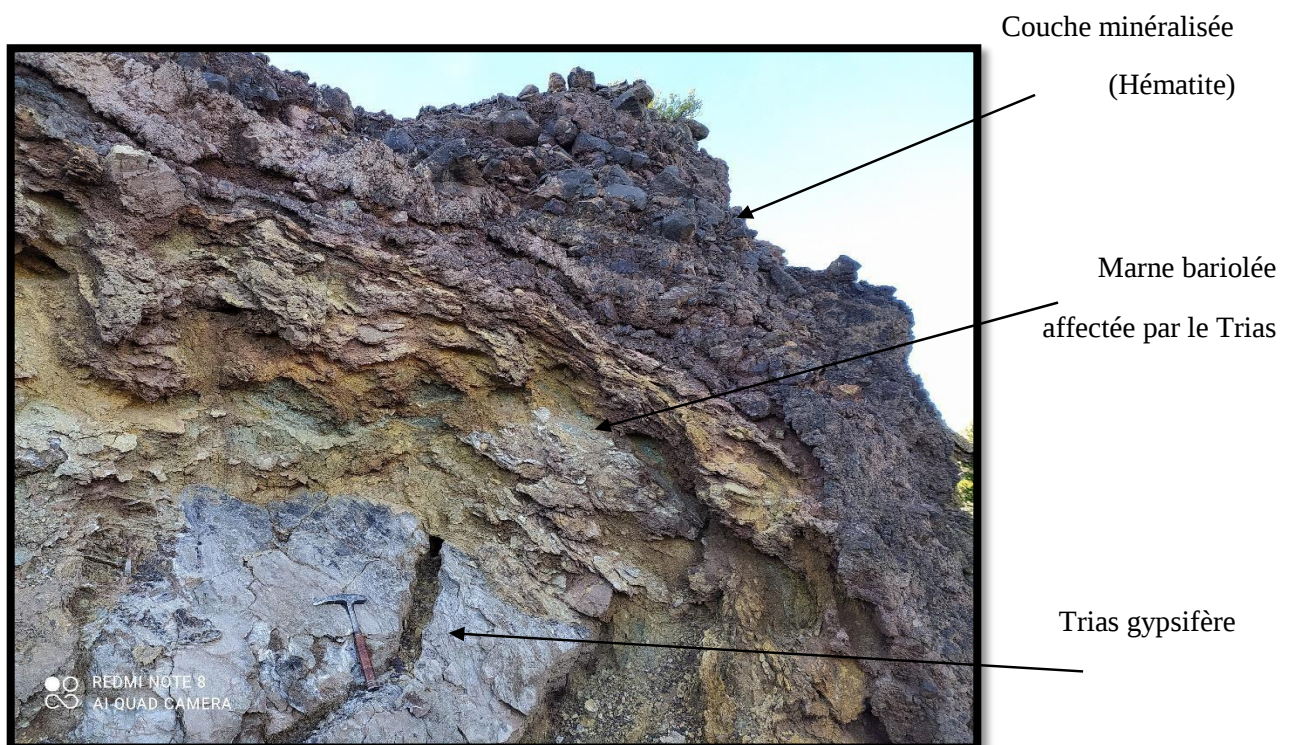


Fig.III.11: Image représentative du Trias gypsifère-marne.

III.3.6- Le fossé d'effondrement de Tébessa :

Le graben de Tébessa d'orientation WNW-ESE, ne contient pas de sédiments miocènes, érodés avant l'effondrement. Dans la partie septentrionale et orientale du fossé, également aux pieds de Djebel Djebissa se trouve les anciens sédiments qui sont des conglomérats continentaux, composés d'éléments de roches carbonatées. Ces formations sont recouvertes par les sables et graviers quartzeux visible au SE de Bekkaria, les grés consolidés du Pliocène supérieur (Villafranchien) placé au centre de la partie méridional. Ces derniers situés aux bords immédiats de l'anticlinal de Dj. Djebissa et de demi-dôme de Dj. Bouroumane.

Les graviers et cailloutis calcaires, provenant des cônes alluviaux anciens du Pléistocène inférieur occupent une grande partie des zones limitrophes et marginales des fossés de Tébessa. Ils sont érodés probablement en liaison avec l'intensification périodique de la poussée diapirique du Djebel Djebissa. Les sédiments du Pléistocène moyen probable sont argileux, ils recouvrent les dépôts intérieurs.

Les graviers et les cailloutis calcaires du Pléistocène supérieur se sont déposés dans la partie centrale la plus profonde du fossé de Tébessa, sont plus ou moins argileux.

III.6- Conclusion :

Djebel Djebissa est l'une des structures anticlinales, formée essentiellement par des roches évaporitiques d'âge triasique. Ces dernières occupent le cœur de l'anticlinal, caractérisé par la présence des masses argileux-gypseuses.

On remarque que le contact entre le Trias et la couverture est de nature tectonique. Ceci est souligné par le redressement des formations de l'Aptien-Albien et du Cénomani, et Quaternaire. On note aussi particulièrement l'effet induit par l'effondrement du fossé de Tébessa. Il fait effondrer les formations carbonatées du Crétacé supérieur du flanc NW. Cet effondrement a réactivé d'avantage le diapirisme.

Il est à noter que l'activité diapirique plio-quaternaire est la plus remarquable dans le secteur d'étude.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DE LA MINÉRALISATION

IV. Introduction :

Les concentrations polymétalliques et ferrifères dans la région de Tébessa sont encaissées dans les formations du Crétacé. Elles sont contrôlées par des facteurs lithologiques (calcaires récifaux, les calcaires dolomités) et facteurs structuraux (diapirs, fractures ouvertes, mégafentes, filons, etc.....) (Fig. IV.1).

Le secteur de Dj. Djebissa est caractérisé par la présence de deux types d'indices minéraux : Pb, Zn, Cu, Ba, Sr, F et les minéralisations ferrifères. Tous ces indices sont encaissés dans les formations carbonatées fossilifères de l'Albo- Aptien.

Ces concentrations se trouvent généralement dans les zones de contact : Trias - couverture (Rouvier *et al*, 1985 ; Perthuisot *et al* 1993).

La minéralisation ferrifère est localisée à Khanguet El Mouhad, par contre, la minéralisation polymétallique se trouve à Ain El Mellah et au Nord-Est de la mine de fer de Khanguet El Mouhad à la limite avec les frontières Algéro-Tunisiennes (Fig. IV.1).

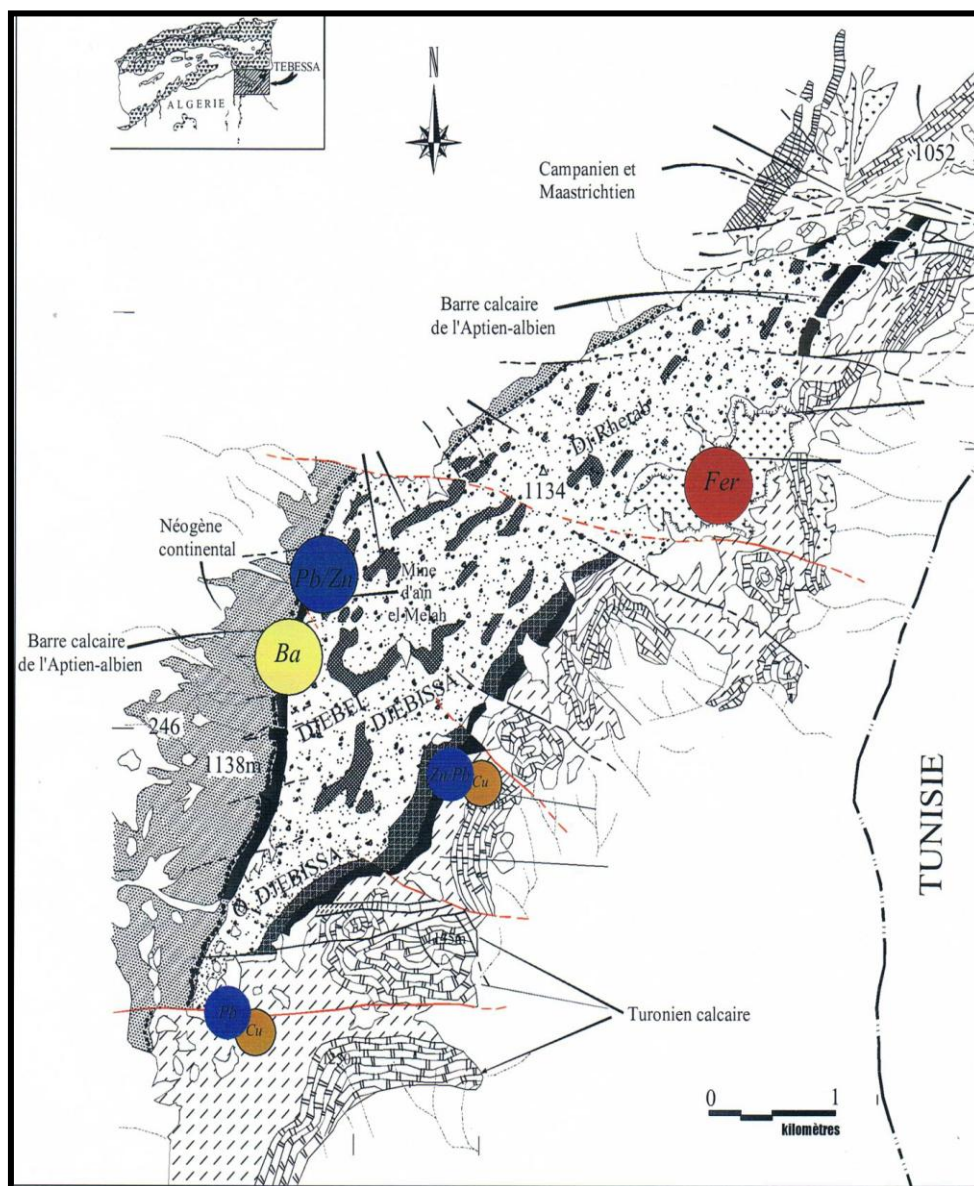


Fig. IV.1 : Carte de répartition des concentrations minérales dans le massif de Djebissa (Charrière *et al* 1996 – l'emplacement des indices minérales Belala, 2008).

IV.2. La mine de fer de Khanguet El Mouhad:

IV.2.1. Situation géographique et travaux antérieurs :

Le gisement de Khanguet El Mouhad est localisé à environ 12 km à l'Est de Tébessa. Il se situe à la limite Est du village de Bekkaria.

L'exploitation du gisement de fer de Khanguet El Mouhad a commencé en 1917 (Remichi et al, 2009). Les réserves ont été évaluées à environ 6 millions de tonnes durant la campagne de prospection (1926 -1929).

Les travaux réalisés par le géologue Litvinenko de la division Recherches de la SONAREM en 1979 sur le gisement de fer consistent à la réalisation d'une carte géologique à 1/1000, de 31 sondages ainsi qu'une étude géophysique (levé magnétométrique à 1/2000). Ces travaux ont été réalisés pour la mise en évidence de zones minéralisées perspectives sur le gisement de fer de Khanguet.

La cartographie géologique au 1/1000 a été établie, ainsi que les travaux de forages (09 forages) et d'échantillonnages. Ces travaux ont concerné les gîtes « A-1 », « A-2 » et « B » et les réserves ont été estimées à 3,42 Milles tonnes de minerai par Remichi et Menidjel A., (2009).

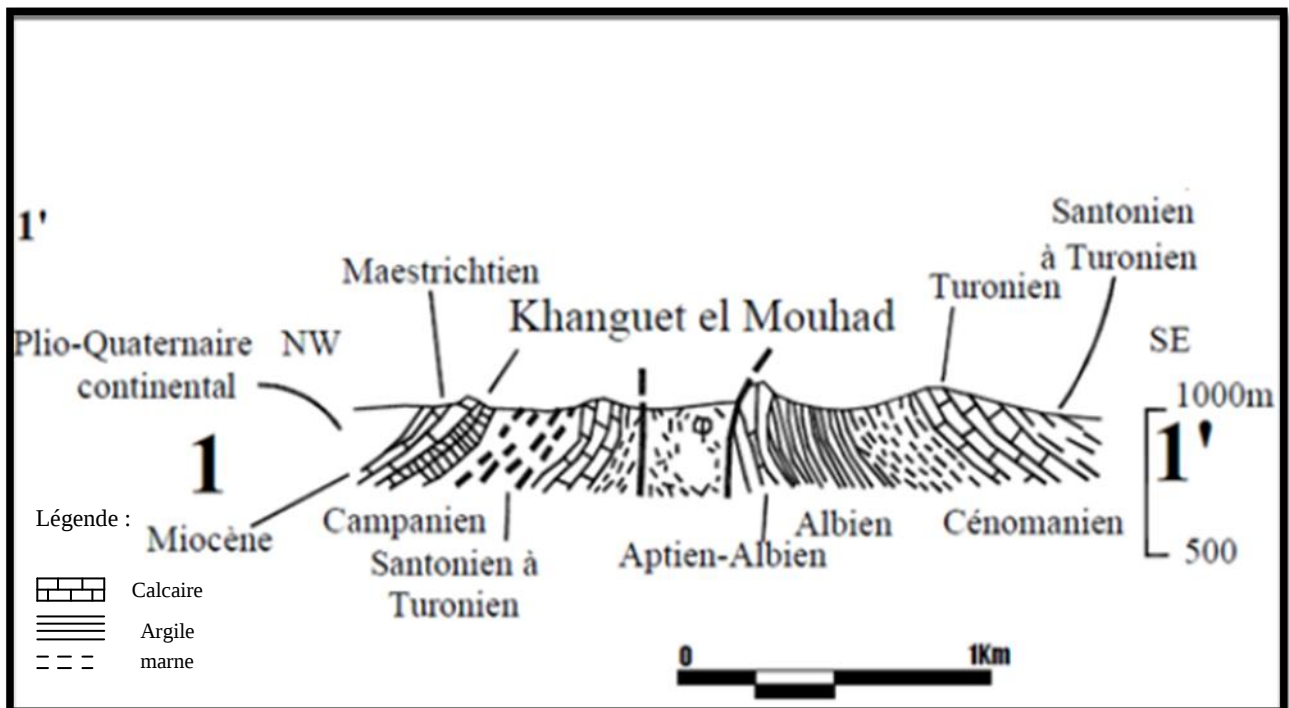


Fig.IV.2 : Coupe interprétative de la terminaison périclinale Nord-Est (D'après Charrière et al, 1996)

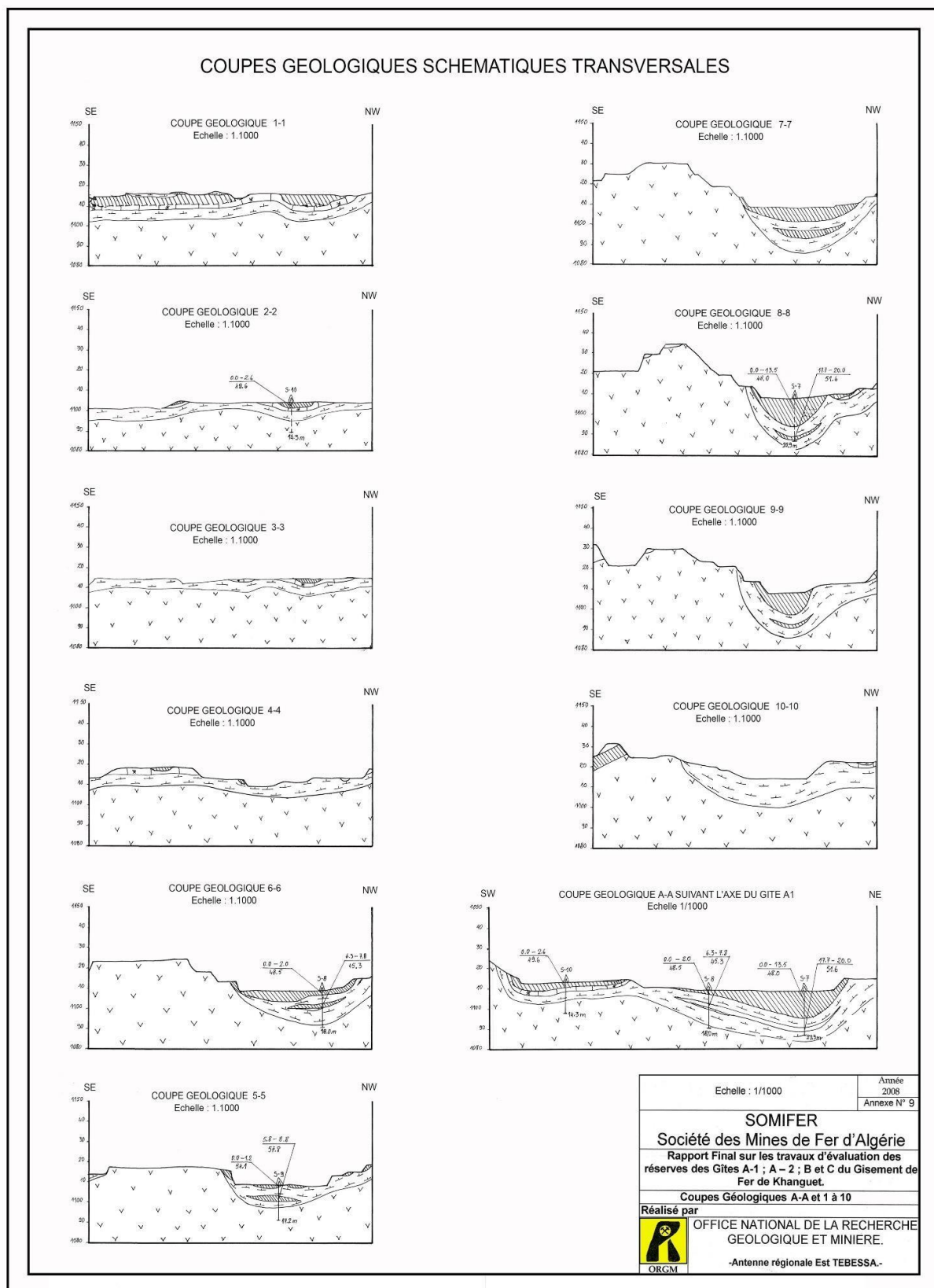


Fig. IV.4: Coupes géologiques schématiques des différents gites de la mine de Khanguet El Mouhad (ORMG 2008).

IV.2.2.Lithostratigraphie :

Le Jurassique dans notre secteur d'étude n'affleure pas sur la surface.

IV.2.2.1.Le Trias :

L'ensemble des roches triasiques correspond aux faciès continentaux, lagunaires et évaporitiques bigarrés.

Lithologiquement, ces formations sont différenciées et se manifestent tectoniquement sous forme diapirique au cœur des structures anticlinales. Elles sont donc très déformées et bréchifiées.

Tous les contacts entre les formations Triasiques et celles plus récentes sont de nature tectonique.

Les principaux dépôts qui caractérisent le Trias sont des marnes, des marnes-argileuses versicolores à gypse, des dolomies, et des calcaires-dolomités.

IV.2.2.2. Le Crétacé :

a- Aptien : est caractérisé par des calcaires massifs, gris et roux à intercalations de marnes et de marno-calcaires métriques riches en orbitolines. Sa puissance est estimée à 70m. Il est formé d'une succession de gros bancs massifs jaunâtres ou roux, à texture pack-stone.

Il est très riche en microfaune avec d'abondantes orbitolines. Les niveaux de plus basse énergie sont des micrites avec de rares ostracodes. Il s'agit de microfaciès habituels dans le Gargasien supérieur ou le Clansayésien (Charrière et al, 1996).

b- Albien : Il est décrit comme une association de carbonates généralement bioclastiques à la base et de marnes noires légèrement rubéfiées au sommet (Charrière et al. 1996)

c- Céno-manien : Il a été décrit comme une série dominée à la base par des marnes noires à débris d'organismes littoraux, suivies par de gros bancs de lumachelles.

d- Turonien : Il est formé par de constante corniche massive de calcaire beige ou rose et de calcaire dolomitique, l'ensemble est entièrement dolomitique à débris de silex dans leurs niveaux supérieures. Le turonien supérieur épais de 150 m est formé par des marnes noires gypsifères, de marno-calcaires gris en plaquettes à altération blanchâtre, au sommet, ces marnes noires sont souvent lumachelles.

e- Maestrichtien : Il est constitué d'une assise de calcaire blanc massif bien lité. Sous cet assise subsiste des marnes grises souvent masquées par des éboulis aux piedmonts des reliefs formés par l'assise du Campanien (Durozoy, 1956).

IV.2.2.3. Le Tertiaire :

a- Eocène : est formé de calcaire en banc massif à silex de 50 à 60m de puissance.

b- Miocène : il est formé par une série de grès continentaux transgressifs sur tous les terrains antérieurs. Sa base est marquée par un poudingue très siliceux et ferrugineux, admettant rarement des passages de marnes jaunes ou vertes, suivi par une série conglomératiques très dures. Son épaisseur atteint 150m.

c- Pliocène : il est constitué d'une série formée d'argiles rouges compactes, de conglomérats bien cimentés et de sables quartzeux. Son épaisseur est de 400m (Durozoy, 1956). À Khanguet El Mouhad les formations du Pliocène sont représentées par des couches redressées à la verticale.

IV.2.2.4. Le Quaternaire :

En générale, c'est une série formée de conglomérats et d'argiles rouges d'une épaisseur de 171 m. Ce sont des dépôts continentaux ocres et bruns à décharges conglomératiques grossières, formés d'éléments de terrains Crétacé variés. Ces dépôts sont en alternance avec des marnes de couleur souvent rose-saumon.

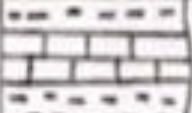
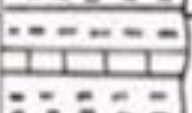
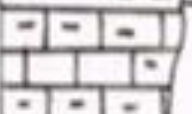
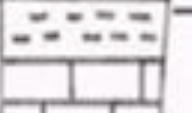
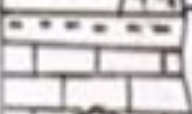
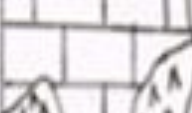
CENOZOÏQUE	Plio-quaternaire					Dépôt clastique d'origine continental contient des argiles rouges, conglomérats grossier et sables quartzeux
	CRÉTACÉ	INFÉRIEUR	Maastrichtien		5 à 7m	Dépôt de calcaires mameux blancs
			Turonien		5 à 7m	Une série monotone de marne noire, marne argileuse grise verdâtre
			Cénomanien		5 à 7m	Calcaire gris clair compact, marno-calcaire en plaquette
			Albien		25m	Marne gris verdâtre et calcaire dolomitique avec intercalation de calcaire mameux
			Aptien		10m	Marnes grises, noirs dans la partie supérieure avec intercalations de calcaires argileux
					10m	Faciès minéralisé contient des marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses
	TRIAS					Zone de contact minéralisée très oxydée
						Argiles bariolées avec une série importante de grande épaisseur de gypse

Fig. IV.5 : Colonne lithostratigraphique des affleurements de Khanguet el Mouhad (Belalla 2008).

IV.3. Minéralisation :

Le secteur de Djebissa, constitue un vrai diapir rattaché à la province métallogénique de l'Atlas Saharien. Il est particulièrement connue par ses nombreux affleurements d'évaporites triasiques. C'est une zone où les concentrations minérales présentent une étroite relation avec ces structures géologiques (Rouvier et al, 1985).

Le gisement de fer de Khanguet El Mouhad occupe la partie NE de l'anticlinal de Dj. Djebissa. Il est constitué de cinq corps minéralisés, « A », « B », « C », « D » et « E » dont quatre (A, B, C, et E) sont très proches les uns des autres environ 300-500 m. Le cinquième amas « D » est à environ 1,5 km au NE de ce groupe (Fig.IV.6), (Remichi et al, 2008).

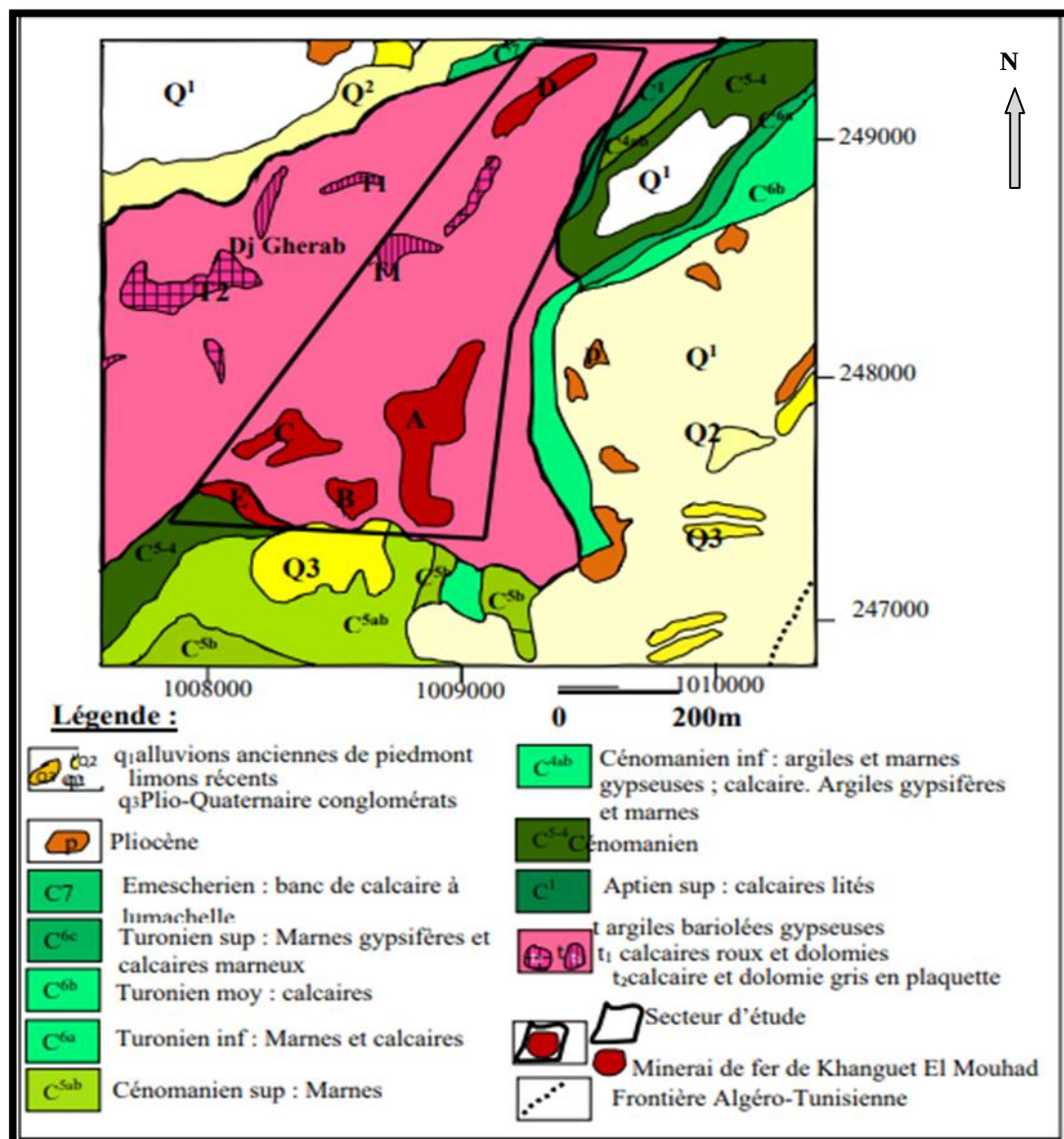


Fig.IV.6 : Carte géologique schématique de Khanguet El Mouhad avec localisation des gîtes de Khanguet El Mouhad (Remichi et al. 2008).

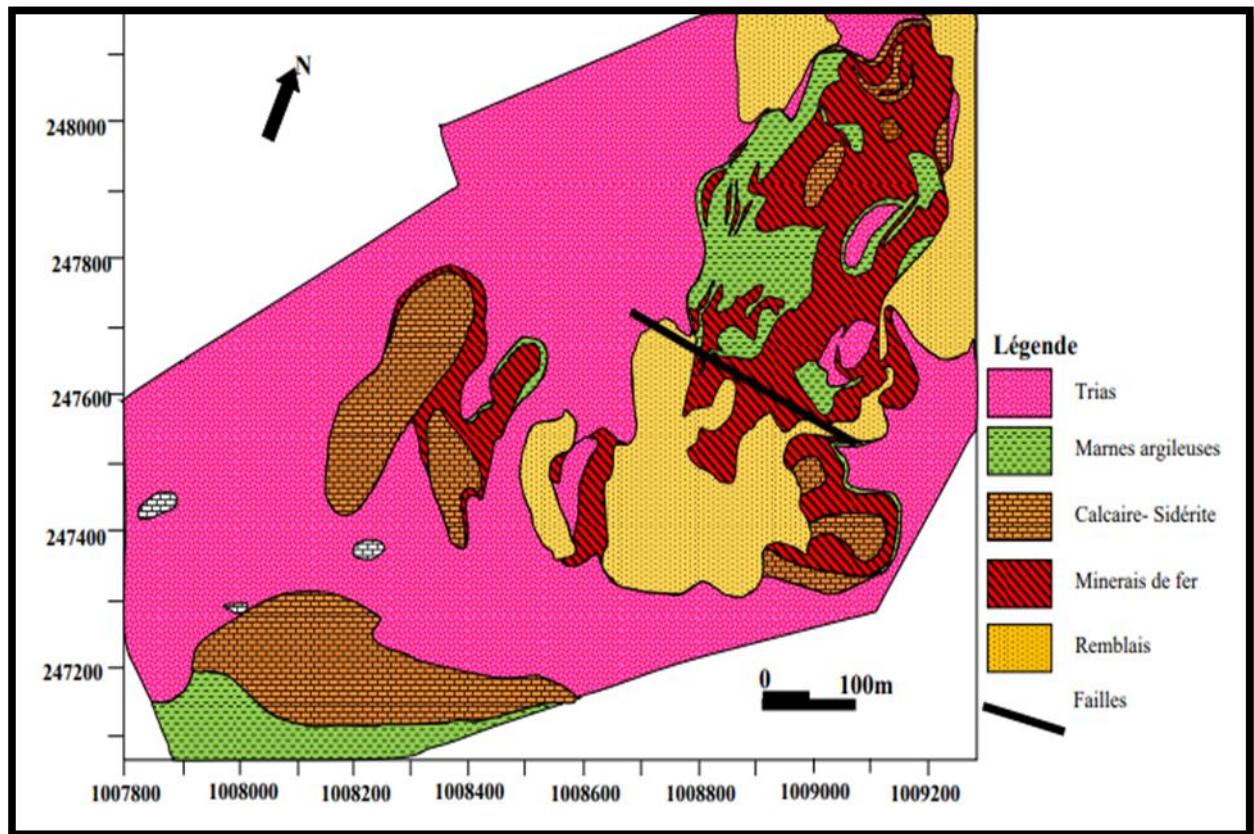


Fig.IV.7 : Carte géologique du corps A du gisement de Khanguet El Mouhad (Remichi et al. 2008).

IV.3.1.Composition minéralogique :

La minéralisation ferrifère est composée essentiellement d'hématite, limonite et accessoirement du cuivre gris et rarement la barytine, ainsi que de la sidérite, (Remichi et al, 2008).

Types morphologiques :

La minéralisation ferrifère de Khanguet El Mouhad présente, des amas d'imprégnation et remplissage de vides au contact diapir-couverture.

Les minéralisations sont encaissées dans le calcaire, l'argile et le gypse du Trias.

Le gisement de Khanguet El Mouhad présente les mêmes caractéristiques que le gisement d'El Ouenza du point de vue de son encaissant, de sa composition minéralogique et de son contexte géologique. C'est un gisement de substitution dans les roches carbonatées (Popov, 1976). L'origine de la minéralisation ferrifère est hydrothermale. La transformation des calcaires en carbonates de fer est essentiellement due à la substitution de Ca par du Fe pour donner la sidérite et l'ankérite qui se sont cristallisés dans les vides et les fissures, l'oxydation de cette minéralisation primaire a donné un minerai riche en hématite, limonite.



Fig. IV.8:Minéralisation ferrifère en contact avec le calcaire aptien.

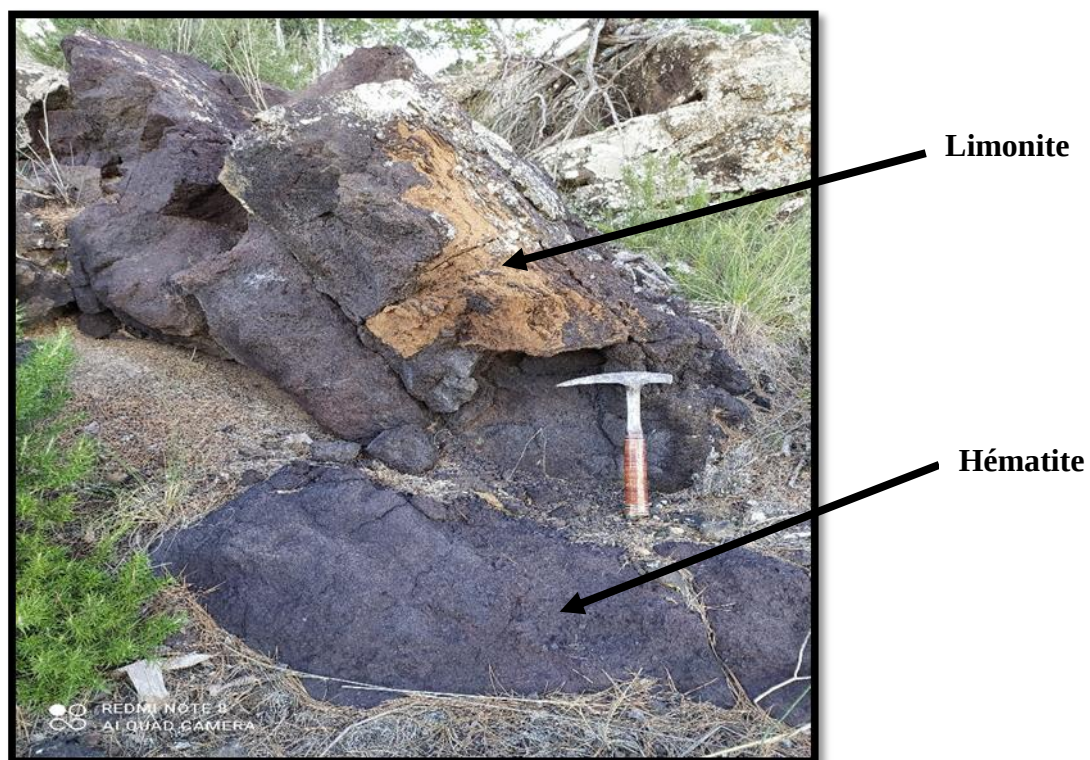


Fig. IV.9 : Affleurement de la minéralisation ferrifère au niveau du « gite D »

IV.4. Description minéralogique du secteur d'étude :

IV.4.1. Les minéraux de gangues :

Les minéraux essentiels qui constituent la gangue sont : la calcite, le quartz, la barytine et le gypse.

1. La calcite (CaCO_3):

Du point de vue macroscopique, elle remplit les vides et les fractures, sous forme de veinules. Elle est de couleur blanchâtre, jaunâtre et brunâtre, et présente au moins deux générations.

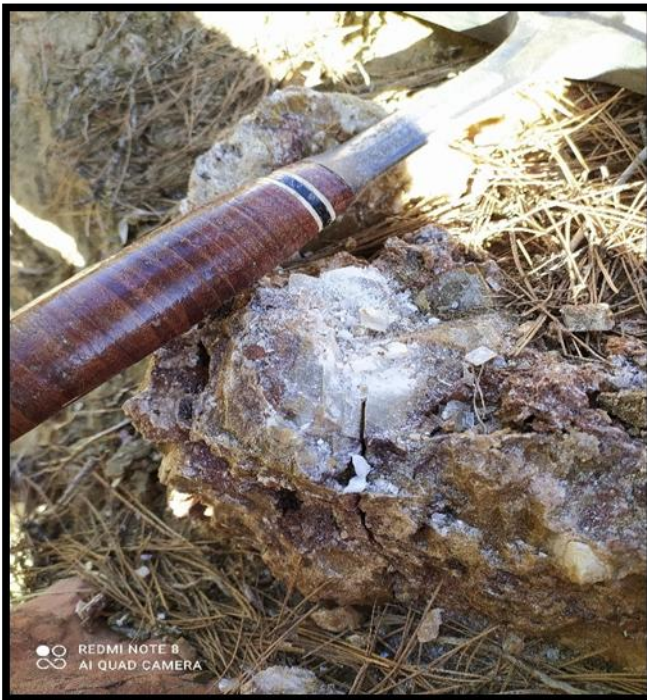


Fig. IV.10 : échantillon macroscopique de la calcite



Fig. IV.11 : échantillon macroscopique de la calcite brune

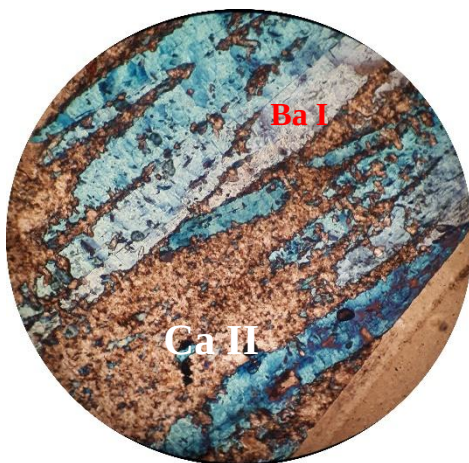


Fig. IV.12 : Calcite sous forme de grandes plages qui remplacent les sulfates
Lame mince, LPA.G.X.10.

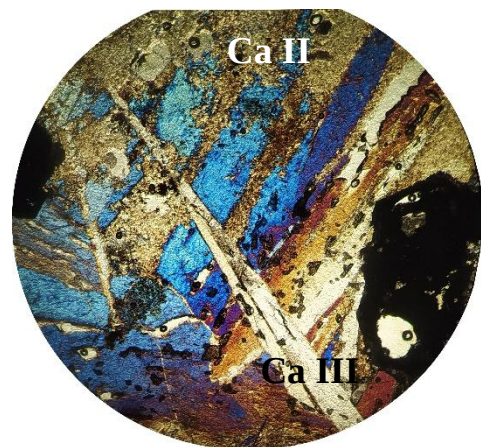


Fig. IV.13 : Calcite sous forme de plage xénomorphe allongé
Lame mince, LPA.G.X.10.

L'observation microscopique montre que la calcite I est diagénétique, la calcite II est sous forme de grandes plages elle remplace les sulfates (Fig. IV.12), tandis que la calcite III est sous forme de plage xénomorphe allongée, elle recoupe la barytine (Fig. IV.13)

2- La barytine (BaSO_4) :

Elle constitue l'un des minéraux de gangues les plus répandus. Elle se présente sous forme de remplissage des vides laissés entre les grains des calcites. Elle se présente aussi au moins deux générations.

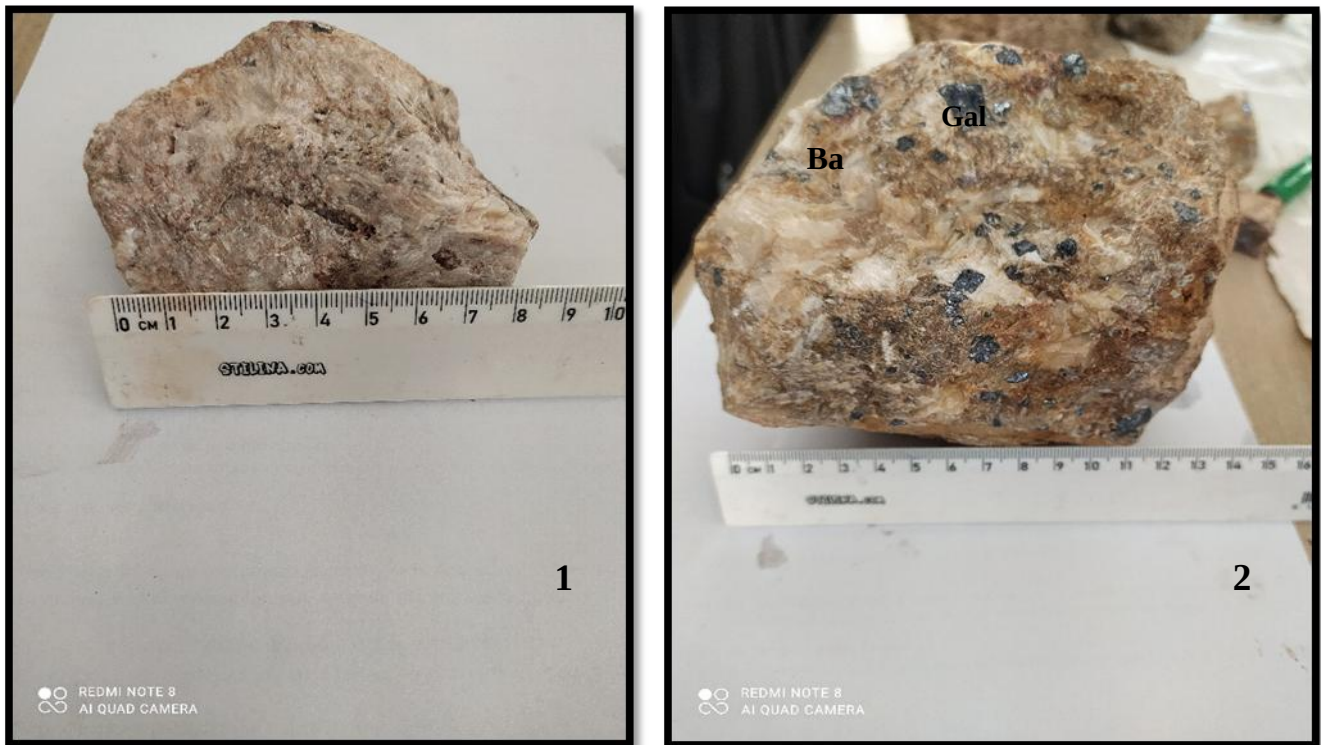


Fig. IV.14 : 1. Echantillon macroscopique de barytine.
2. Echantillon macroscopique de barytine encaissée dans les carbonates.

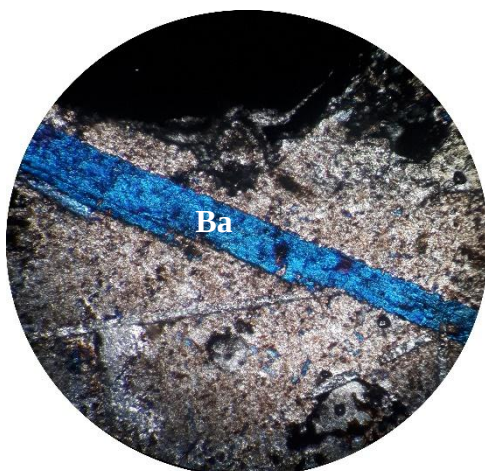


Fig. IV.15 : Barytine (Ba) en baguette
Lame mince, LPA.G.X.10

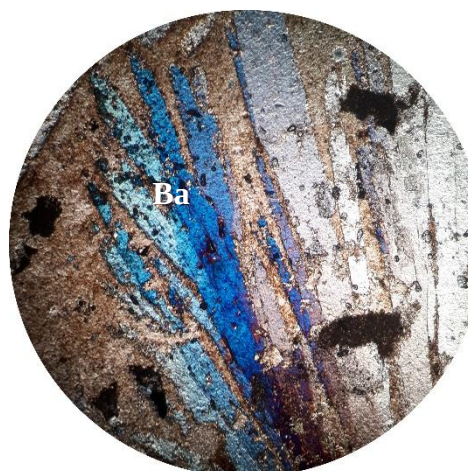


Fig. IV.16 : Barytine (Ba) en plumes
Lame mince, LPA.G.X.10

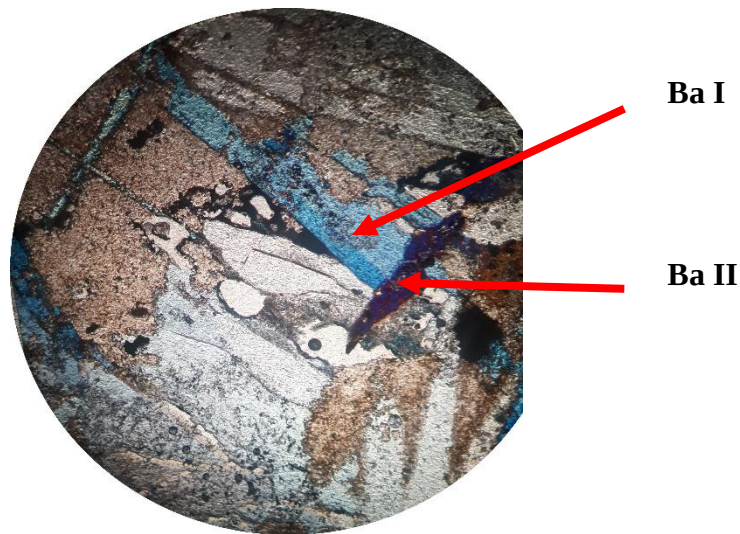


Fig. IV.17 : La barytine en baguette (Ba II) recoupe la barytine en plumes (Ba I)
Lame mince, LPA.G.X.10

L'observation microscopique montre que la barytine en plumes (I) est recoupée par la barytine en baguette (II).

3- La silice (SiO_2) :

La silice est très rare, elle apparaît seulement dans quelques échantillons. Il s'agit vraisemblablement d'un quartz hydrothermal.

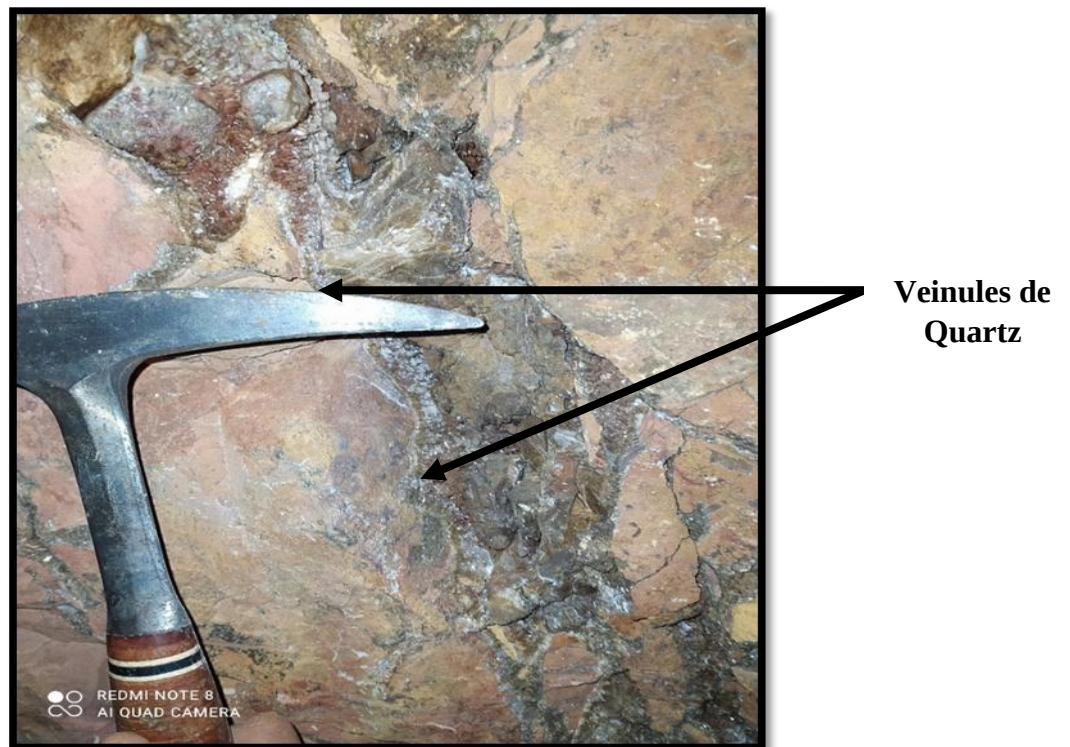


Fig. IV.18 : photo représentative des veinules de quartz

4. Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):

C'est le minérale le plus répandu. Il peut être fibreux, en plaquettes, cristallin ou massif sous forme de grandes plages. Il est de couleur blanchâtre (Fig. IV.19).

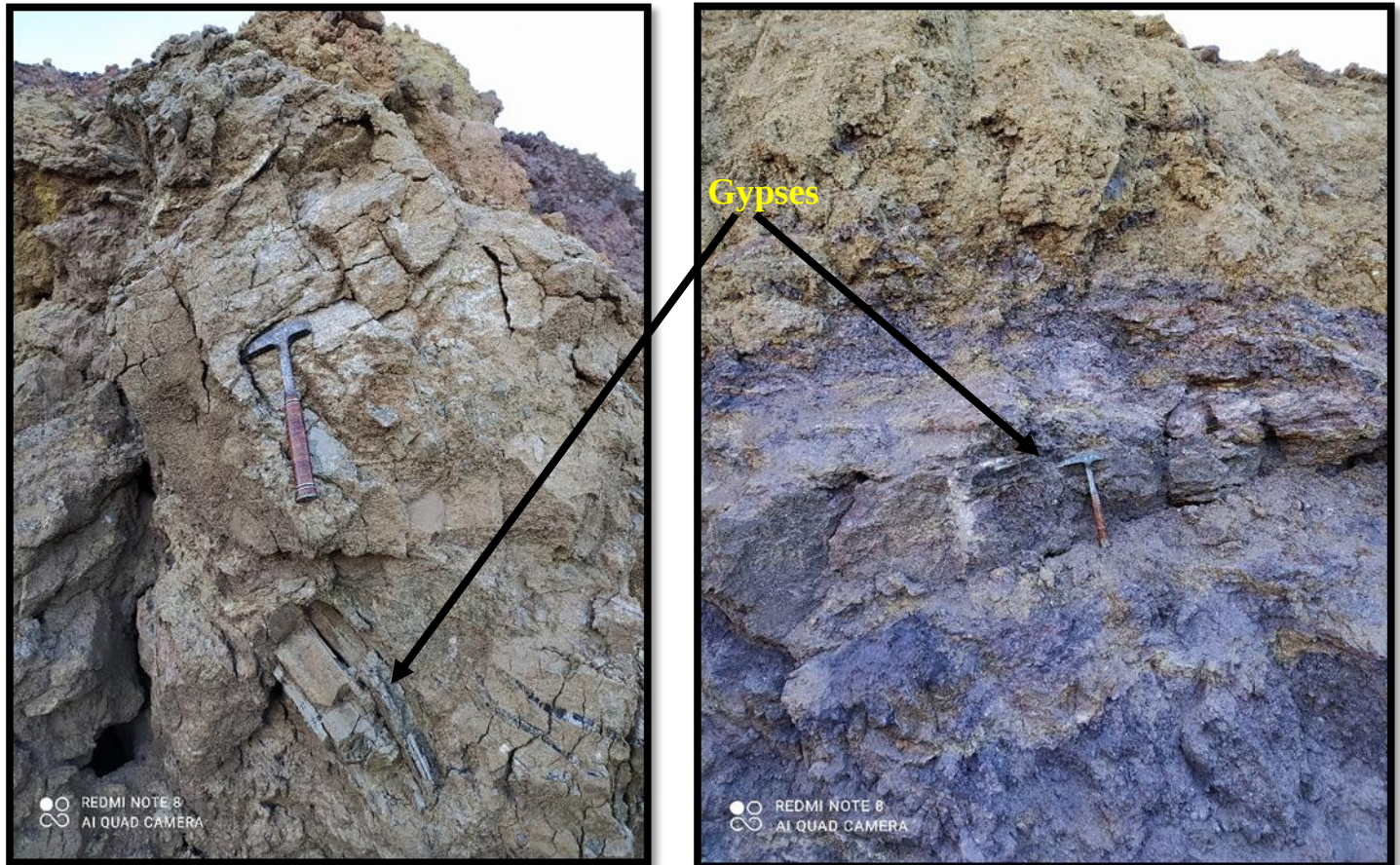


Fig. IV.19 : images représentatives du gypse au niveau de la mine de Khanguet

5. La dolomite ($\text{Ca}, \text{Mg}(\text{CO}_3)_2$):

Un carbonate de calcium, de magnésium de couleur blanchâtre parfois grisâtre et rosâtre. Elle se présente sous forme de remplissage.

IV.4.2-La minéralisation polymétallique :

La minéralisation polymétallique de la région de Djebel Djebissa est connue dans le secteur d'Ain El Mellah, au contact des roches argileuses et gypsifères du Trias avec les formations carbonatées de l'Aptien supérieur. D'autres indices sont localisés dans les calcaires marneux du passage Cénomaniens-Turonien (O.R.G.M, 2000-2001).

IV.4.2.1- Morphologie des corps minéralisés :

D'après les travaux de l'ORGM (2000,2001), la morphologie des corps minéralisés d'Ain El Mellah est caractérisée par les formes suivantes :

- Le premier corps est prolongé avec un pendage de 80° vers l'Ouest, avec une épaisseur moyenne 1,7 m. Il se présente sous forme disséminés et nids encaissés dans les calcaires de la couverture fortement dolomitisés.

- Le deuxième est d'épaisseur métrique avec une longueur qui peut dépasser les 200 m. Il se présente sous forme de filon lenticulaire.

- Le troisième est sous forme d'amas de barytine massive observé dans les galeries, creusées à une centaine de mètres au sud de la mine.

Les minéraux métalliques du secteur sont représentés par la pyrite, la sphalérite, la galène, l'hématite et le cuivre gris.

1- La pyrite (FeS_2) :

Elle se présente sous forme de petits cristaux automorphes à subautomorphes, en inclusions dans les carbonates. Il s'agit d'une pyrite diagénétique (Fig. IV.20).

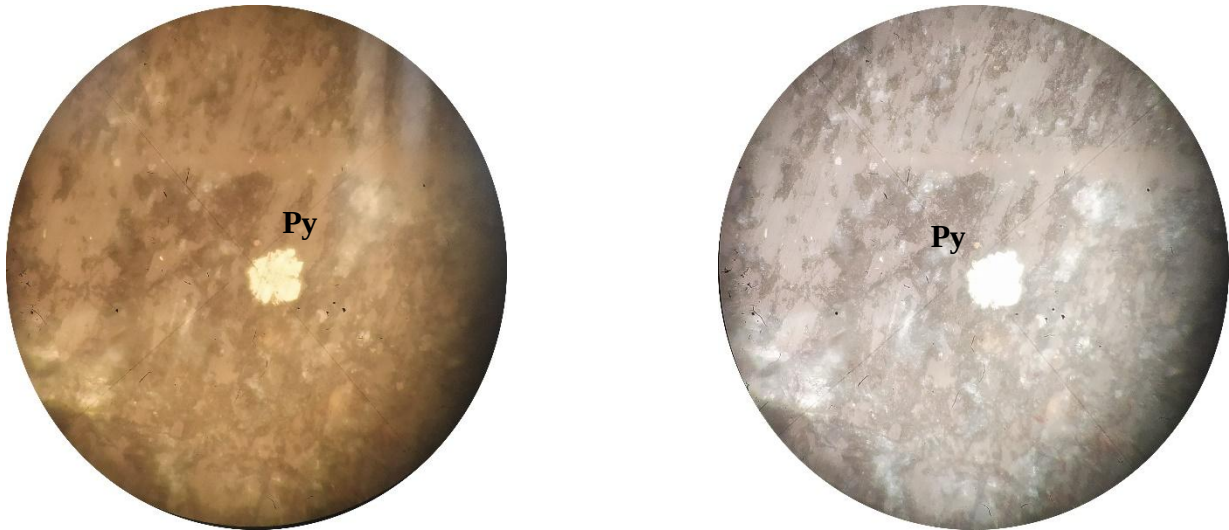


Fig.IV.20 : Inclusion de pyrite dans la gangue carbonatée.
Section polie, LPN.GX10

2- La galène (PbS) :

Il est 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. Il se présente en deux générations inclus dans la barytine et les carbonates.



Fig. IV.21 : Galène automorphe encaissée dans les carbonates

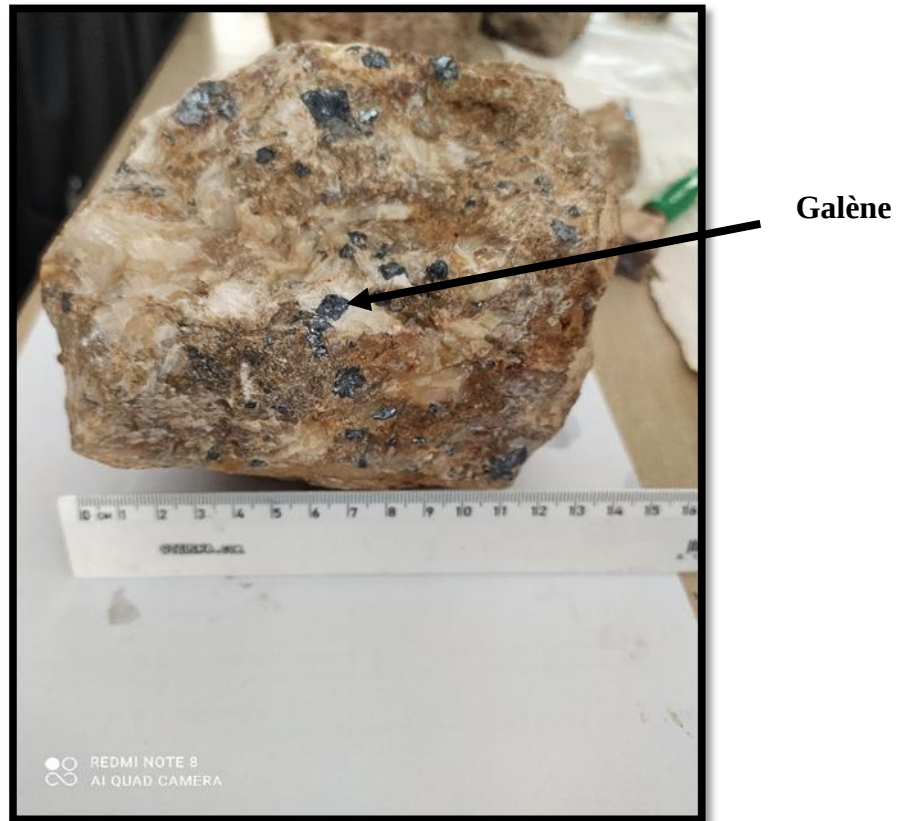


Fig. IV.22 : Galène automorphe incluse dans la barytine II.

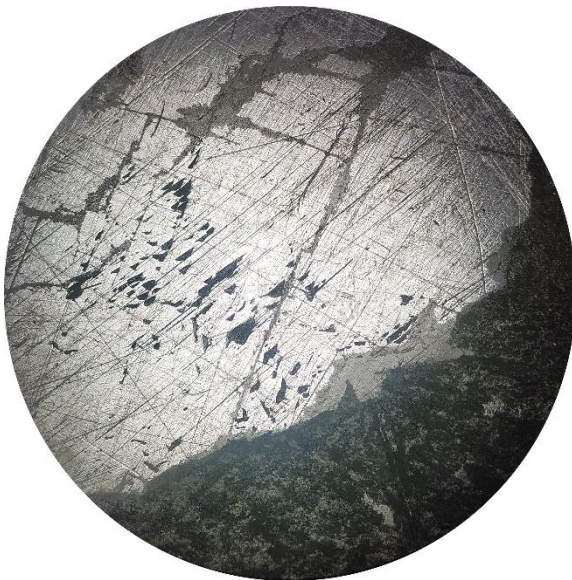


Fig. IV.23 : Galène xénomorphe dans les carbonates
Section polie, LPN.GX10

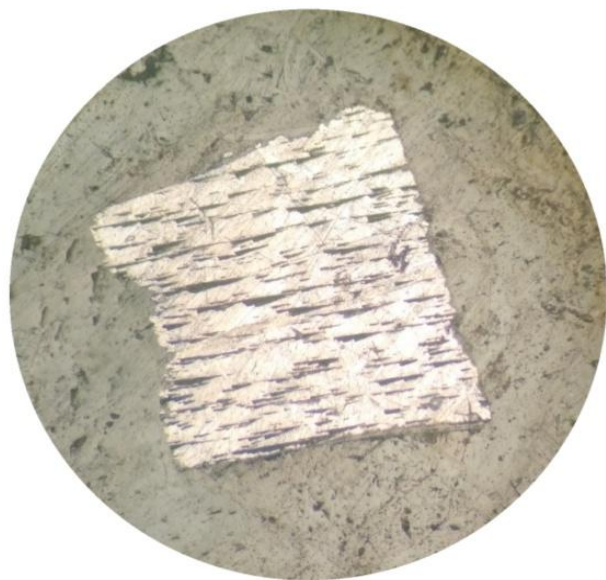


Fig. IV.24 : Galène automorphe dans les carbonates
Section polie, LPN.GX10

L'observation microscopique montre que la galène présente des arrachements triangulaires caractéristiques. On l'observe sous forme de grandes plages xénomorphes (Fig. IV.23) et automorphe (Fig. IV.24).

3-Cuivre gris :

Observé au microscope, il se présente sous forme de petits cristaux xénomorphes, souvent en inclusion dans l'hématite.

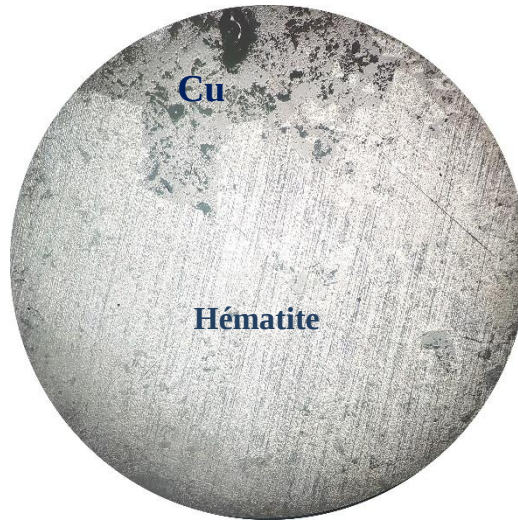


Fig. IV.25 : Cuivre gris associé à l'hématite
Section polie, LPN.GX10

4- Hématite (Fe_2O_3):

C'est l'oxyde de fer le plus abondant, il est de couleur sombre. Il se présente sous forme remplissage de vide.

De point de vue microscopique, il est associé à l'azurite et la malachite.



Fig. IV.26 : Echantillon macroscopique d'hématite

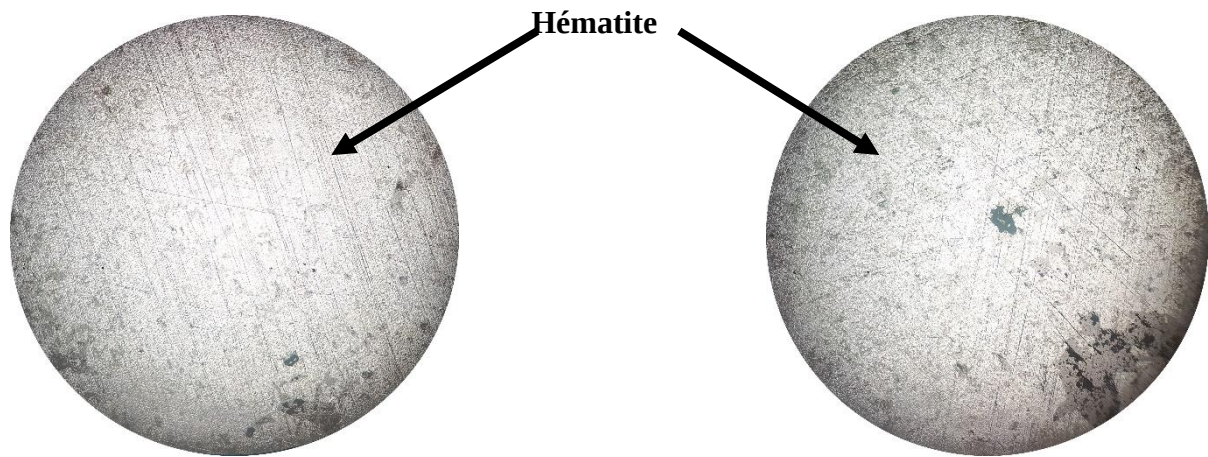


Fig. IV.27 : Section polie d'Hématite, LPN.GX10

IV.4.3- Les minéraux supergènes :

1- la cérusite (PbCo_3) :

C'est un carbonate de plomb qui provient de l'altération de la galène. On la remarque souvent tout autour de la galène avec une couleur grise.

De point de vue microscopique, elle remplace la galène partiellement.

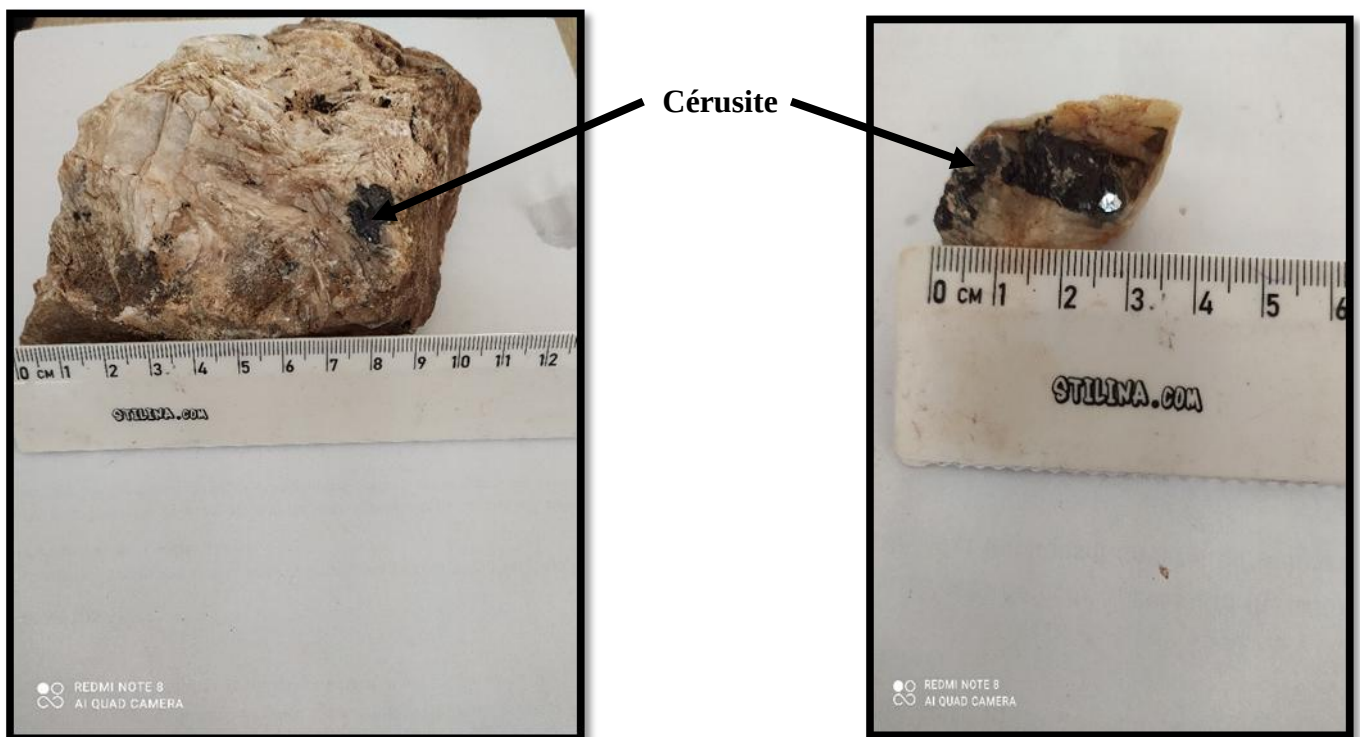


Fig. IV.28 : Cérusite incluse dans la barytine

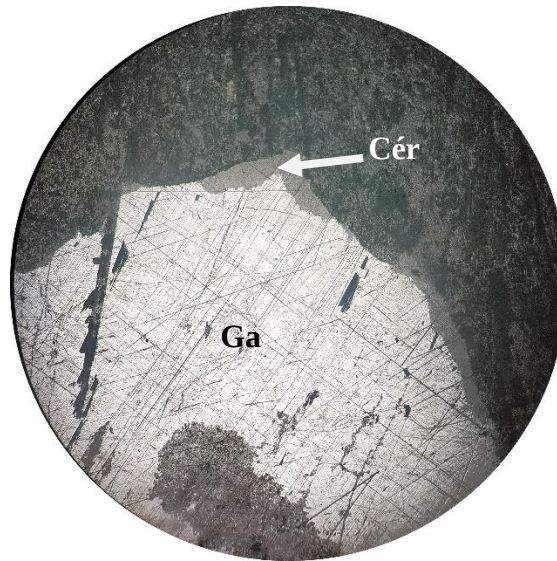


Fig. IV.29 : Grande plage de galène (Ga) avec l'auréole d'altération de la cérusite (Cér)
Section polie, LPN.GX10

2- La malachite $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$:

C'est un minéral d'altération du cuivre gris, de couleur verte, sous forme de fibres. Il est associé à l'hématite

3- L'azurite $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$:

C'est un minéral d'altération de cuivre gris, de couleur bleu, sous forme de fibres. Il est associé à l'hématite (Fig. IV.30).

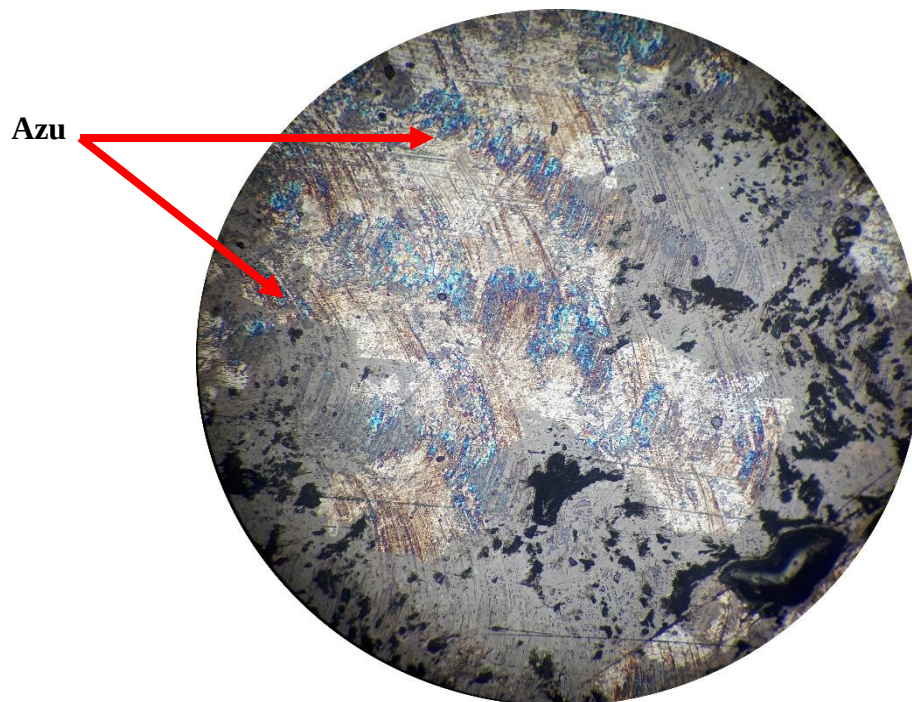


Fig. IV.30 : une plage de cuivre gris (Cu) avec l'auréole d'altération de l'azurite (Azu)
Section polie, LPN.GX10

Conclusion :

L'analyse des données relatives aux indices du Djebel Djebissa, nous permet d'établir le tableau de la succession paragenétique probable (Tableau 1) du secteur.

Cette succession peut s'établir de la façon suivante :

a- Une phase diagénétique :

Au cours de laquelle l'encaissant se forme, qui est représenté par les carbonates.

b- Une phase épigénétique:

Un premier épisode de fracturation qui a permis la mise en place de la première génération de Galène (Ga I) et de barytine (Ba I)

Un deuxième épisode de fracturation qui est marqué par la mise en place de la deuxième génération de barytine (Ba II), de la galène (Ga II) et la calcite (Ca II).

Par la suite la calcite dépose sa troisième génération (Ca III) après le **troisième épisode de fracturation**.

L'hématite est présente tout au long de la phase épigénétique.

c- Une phase d'altération supergène :

Au cours de laquelle on observe une altération de la Galène en cérusite, et de Cuivre gis en azurite, malachite.

	Diagenèse	Phase épigénétique						Altération supergène
		F		F		F		
	I	r		r	II	r	III	
Calcite	_____	a		a	_____	a	_____	
Dolomite	_____	c		c		c		
Quartz		t	_____	t		t		
Barytine		u	I	u	II	u		
Pyrite	_____	r	_____	r	_____	r		
Galène		a	I	a	II	a		
Cuivre gris		t	_____	t	_____	t		
Hématite		i		i	_____	i		
		o		o		o		
		n		n		n		
Cérusite								_____
Azurite								_____
Malachite								_____
Oxyde de fer								_____

Tableau1 : paragenétique probable de la minéralisation de Djebel Djebissa.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail qui a porté à caractériser la géologie et la géologie des minéralisations à Pb, Zn, Ba, Fe, Cu de secteur de Djebel Djebissa, une conclusion ci-dessous, peut être dégagée:

Le massif du Djebel Djebissa est l'une des structures diapiriques où le Trias apparaît au cœur de l'anticlinal, cette structure allongée NE-SW, affectée par plusieurs événements tectono-sédimentaires.

Dans ce massif les minéralisations sont portées essentiellement par des carbonates de l'Albo-aptien, elles sont différentes par leurs morphologies.

Ces minéralisations sont : ferrifères placées au Khanguet el Mouhad, et polymétalliques qui se trouvent au niveau de la mine d'Ain el Mellah développées dans les cavités de dissolution, en remplissage des fractures et des vides.

La mine de fer de Khanguet el Mouhad est représentée par des oxydes de fer (Hématite et limonite), résulte de l'altération supérogène d'un minerai primaire de nature carbonaté (Ankérite, sidérite). Sous forme d'un amas stratiforme ou lenticulaire encaissé dans les formations carbonatées de l'Albo- Aptien.

Enfin, on peut dire que Djebel Djebissa offre une image de vrais diapir occupe le cœur de l'anticlinal, active depuis l'Aptien jusqu'à l'actuel.

Bibliographie

- AUDJEHANE, M.1991** : distribution des gites a Pb-Zn et fer sédirétique dans le NE. Algérien.in *M. pogéal et j loroy (eds) : source Transport and deposition of métaIs Belkema Rollerodam, pp, 419-422.*
- AOUDJEHANE M., BOUZENOUNE A, ROUVIER H ET THIEBIROZ J. (1992)** : Halocénese et dispositifs d'extrusions du trias dans l'Atlas saharien Oriental (NE algérien).*Geal Medit Marseille XIX, pp273-287,1992.*
- BELALA, Z. (2008)** : Contribution à l'étude Géologique et Métallogénique des minéralisations polymétalliques (Zn-Pb-Ba) et ferrifères du massif de Djebissa, Tébessa (NE Algérien).*Thèse de Magister Université de Annaba, pp 156.*
- BLES.L (1969)** : contribution à l'étude des déformations cassantes de la feuille de Morsot (SE constantinoise- Algérie). Les microfracturations et leurs relations avec les failles et les plis. Publication du service Géologique de l'Algérie (service N°11) .*Bulletin N°39, pp 7-17.*
- BLES J.L., ET FLEURY (1970)** : Carte géologique 1/50000 Morsot et Notice explicative. *Bull. serv. Géol. Algérie.*
- BEDJA, N.2013** : Géologie du secteur de Kalaat Cherachet caractérisation géologique des minéralisations ferrifères (Ouenza, Tébessa) Algérie Nord Orientale.*Mém.Mas.pp57.*
- BOUTALEB A., AFALFIZ H., HAISSA DJ., E COLLIO ET TOUAHRI B. (2002)** : Métallurgie et évolution géodynamique de la chaîne tellienne en Algérie. *Bull. Serv. Géol. Algérie. vol 11, n°1.pp3-27.*
- BOUZENOUNE, A.1993** : les minéralisations péri-diapiriques de l'Aptien Calcaire, les carbonates de fer du gisement hématitique d'Ouenza (Algérie Oriental).*thèse de doctorat Universitaire ParisVI.p209.*
- BOUZENOUNE A., ROUVIER .ET THEIBIROZ.D. (1995)** : trias d'Ouenza contexte diapirique zonation minéralogique et conséquence métallogéniques. *Bulletin du serv.geol de l'Algerie.Vol 6. N°1.pp3.24.*
- BOUZENOUNE A ET LEOCOLLE P. (1997)** : petrography and geochemical arguments for hydrothermal formation of the Ouenza sédirite deposits (NE-Algerian) *Mineralum Deposita (1997).pp 189-196.*
- BOUZENOUNE A., ROUVIER H. ET THEIBIEROZ(2006)** : chronologie relative et condition de mise en place des minéralisations du massif de l'Ouenza (Algérie, NE).*Bulletin de service Géologique National.Vol17.n°1, pp3-27, fig 8.206.*
- CHARRIERE, A.VILA.J.M.ANDREU, B.KHECHID, B.1996** : nouvelles données stratigraphiques et structurales sur le Djebel Djebissa de Tébessa (frontière algéro-tunisienne) : Reconstitution d'un dôme de sel en contexte distensif chaud au crétacé inférieur moyen. *Bulletin du service Géologique de l'Algérie, vol, 7, n°2. Pp109-132,11 fig, 1996.*
- DIANE B ET PERTHUISOT V(1996)**: Première approche des conditions de genèse des minéralisations à Pb-Zn du Dj. Mesloul. (Est Algérien) étude microthermométrique des inclusions fluides primaires de la calcite. *Bulletin du service géologique d'Algerie.Vol.n°1, pp59-69-fig .3table, 1996.*

-DUBOURDIEU, G. ET DUROZOY, G.1950 : Observation tectoniques dans les environs de Tébessa et d'Ouenza (Algérie). *Bull. Serv .Géo. France, semi serie.txx.pp257-266.*

-DUBOURDIEU, G.1956 : Etude géologique de la région d'Ouenza (confins Algéro tunisiens).*thèse des sciences. Paris. Publications du service de la carte géologique de l'Algérie. Bulletin N°10.vol.1.p659.*

-DUBOURDIEU G. (1959) : exquise géologique du Dj. Mesloul. Pp. *bull. serv. Cart géol. Algérie nouvelle serie.Bull.n°21.*

-DUBOURDIEU G. (1959) : Etude géologique de la région de Ouenza (confins algéro-tunisiens). *Thèse des sciences, Paris, Publications du service de la carte géologique de l'Algérie. Bull 3.N°10.Vol I.659p.*

-DUROZOY, G.1956 : Notice explicative de la carte géologique de Tebessa1/50000.*feuilles 206. service de cartographie National.*

- DUROZOY, G.1956 : Carte géologique de Tebessa1/50000.*feuilles 206.service de cartographie National.*

-HADDOUCHE O. (2003) : contribution à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations à Pb-Zn-Fe-Ba (Sr) d'Ouasta (Atlas saharien Oriental, Algérie). *Thèse de Magister USTHB. Algérie, 109p.*

-HADDOUCHE O, BOUTALEB A., HEBERT R., PIERD D ET SAMI L. (2004) : les minéralisations a Pb, Zn, Fe, Ba (Sr) d'el ouasta (Algérie Nord Orientale).*typologie et apport des études d'inclusions fluides. Bulletin du service géologique de l'Algérie, Vol.15, n°2, pp.87-105,14 fig.2 tab, 2004.*

-KOWALSKI W.M., PHARISAL A., BOUDOUKHA A., HEMILA M. A. (1997):les stades d'effondrement du graben de Tébessa (Confins Algero-Tunisien) et la tectonique plicative plio-quaternaire.*société d'histoire naturelle du pays de Montbéliard, pp.201-215.8fig.1997.*

-KOWALSKI W.M. ET HAMIMED M., PHARISAT A. (1997) : les phases miocène et pliocène du diapirisme polyphasé entre Ouenza et Tébessa (NE de l'Atlas saharien, Algérie).*société d'histoire naturelle du pays de montébiliard.pp.217-224,2fig, 1997.*

-KOWALSKI, W., ET HAMIMED, M.2002 : Les étapes d'effondrement des grabens dans les confins Algéro-Tunisiens. *Bulletin service géologique. Algérie., Vol.13, n°2, pp131-152.*

-O.R.G.M (2000) : Rapport final sur les travaux de prospection des polymétaux dans les secteurs Hameimet et Djébissa.*O.R.G.M. , direction régionale Est, Tébessa, 2000.*

-O.R.G.M (2008) : Rapport final sur les travaux de prospection ferrifère dans le secteur de Djébissa.O.R.G.M. , *direction régionale Est, Tébessa, 2008.*

-OTHMANINE A (1987): les minéralisations en fluorine Barytine, Pb-Zn et fer sédiritique autour des fosses de Tébessa-Morsot (Algérie), relation entre paléogéographie Aptienne diapirisme, structure et Métallogénie. *Thèse de 3eme cycle, Université pierre et Marie curie, paris VI, France, 221p.*

-PERTUISOT, V .AUDJEHANE, M.BOUZNOUNE, A.HATIRRA, N.LAATAR, E.MANSOURI, A.ROUVIER, H., ET SMATI, A.1 998 : Les corps triasiques des Monts du Mellègue (Confins Algéro-Tunisiens) sont-ils des diapirs ou des <<Glaciers de sel>> *Bull. Soc. Géo. France, t.169, n°1, pp53-61.*

-ROUVIER H. (1990) : les concentrations polymétalliques liées aux diapirs évaporitiques des confins Algero-Tunisien, *Rapport interne E.R.E.M, Boumèrdes-Algérie, 71p.*

-ROUVIER H. (1993) : les gisements de Pb-Zn liée aux diapirs de Trias salifère en Tunisie, une variante des gisements du type MVT. *Laboratoire de géologie Appliqué boîte 123. Université p.et M, Curie (Paris VI),pp.159-166.*

-SALMI –LAOUAR, S.2004.contribution à l'étude géologique et géochimique des isotopes stables (S.O.C) des minéralisations polymétallique (Zn-Pb-Ba-Fe-Hg) de la zone des diapirs du Nord du Tébessa (NE Algérien).*thèse. Doc. Univ. Badji Mokhtar. Univ Annaba. Algérie.*

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

Sami, Lounis (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.

-SOMIFER (2008) : rapport final sur les travaux d'évaluation des réserves des gites A1 A2 B et C de gisement de fer de Khanguet.

- SOMIFER (2008) : Plan de situation de la mine de Khanguet commune de Bekkaria Wilaya de Tébessa.

-THIBIEROZ J.ET MADRE M. (1976) : le gisement de sédirite du Dj. Ouenza (Algérie) et contrôle par un Golf de mer Aptienne. *Bulletin de la société d'histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 65,3-4, pp.*

-VILA, J.M.1994 : mise au point et donnés nouvelles sur les terrains triasiques des confins Algéro-Tunisiens, trias allochtone et glacier de sel sous-marins et vrais diapirs. *Mem du service. Geo. Algérie.N°6, p105-152.fig25.*

-VILA, J.M.ET CHARRIERE A. (1993) : Découverte d'Albien calcaire et du trias resédimenté au Dj Boujaber (partie ouest Algérie) ; corrélation avec les forages et conséquence sur

l'organisation du Crétacé inf des confins Algéro- tunisiens) *.Rendus l'Académie des sciences, paris, 316, série II, pp. 243-249.*

-VILA, J.M.BENKHIROUF F ET CHARRIERE A. (1994) : interprétation au matériel triasique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisien) : une veste « glacier de sel » sans marin albien, à l'image des structure off.shore d'Aquitaine cor. *CAD sci – paris t 318série II, P109.116.*

-Vila J. M, BEN YOUSAF, M CHARRIERE A ; CHIKHAUI, M; GHANMI M., KAMOUN F. PEYBENES B., SOADIJ., SOUQUET. ET QARBET M. (1994) : Découverte en Tunisie, au SW du tef, de matériel triasique interstratifié dans l'albien extension du domaine à « glacier de sel »sans marins des confins Algéro- tunisiens .*C.R.A C .d sci paris t 318 sér.II n13p1661-1667,3 fig.*

-VILA.J.M., BENYOUCEF M., CHIKHAOUI, GHANMI M. ET KECHIED BENKHROUF F. (1996) : les grand << glaciés de sels sans- marins albiens des confins algero-tunisiens.*entreprise tunisienne d'Activités pétrolières-tunisie.Mém.N°10, p273-322, Bfig.15.*

-VILA.J.M.BENYOUSSEF M., CHIKAOUI M., GHANMI M. (1996) : un grand glacier du sel sous-marin albien moyen du Nord-Ouest tunisien (250 Km2) : le materiel salière triasique du diapir de ben Gassem et de l'anticlinal d'Elkuif comparaison et conséquences *.C.R.acad.sci.Paris.Ser II a.at 322, n°3, pp221-227,3ff.*

-Zardazi A.1990 : Etude gravimétrique du Mole d'Ain M'Lila et de l'atlas saharien septentrional. *Thèse de doctorat des sciences Faculté des sciences. Université de lausanne.227p. Inédit.*