



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU**



**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
DOMAINE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS.**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
En sciences de la Terre et de l'Univers.
Option: Ressources Minérales et Environnement.**

Thème :

**CONTRIBUTION À L'ETUDE GITOLOGIQUE DU
GISEMENT À Pb-Zn D'EL ABED (TLEMEN).**

**Encadré par :
Mme IZRI. D.**

**Réalisé par :
GHALEB Bahia.
HADDAD Kahina.**

Soutenu publiquement le : 10 /10 /2016 Devant le jury composé de :

**Président : M. AHMED ZAID .I
Rapporteur : Mme. IZRI.D
Examinatrice : Melle. HADJ HAMMOU.N
Examineur : M.ZAGHOUANE.H**

**Maitre de conférences A l'UMMTO
Maitre-assistante A (FSBSA/UMMTO)
Maitre-assistante A (USTHB)
Maitre-assistant A(UMMTO)**

Promotion : 2015/2016

Remerciements

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

Nos premiers et profonds remerciements et respects s'adressent à notre promotrice

Mme. IZRI.D qui a acceptée de nous diriger tout au long de la réalisation de ce mémoire et qui nous a fortement encourager et conseiller.

Nos remerciements vont à **M. AHMED ZAID.I** pour nous avoir fait le grand honneur de présider le jury de ce mémoire.

Nos vifs remerciements vont à **M. ZEGHOUANE .H** pour avoir bien voulu accepter d'examiner notre travail du faire partie du jury, et de nous avoir permis de profiter de sa connaissance profonde en géologie.

Nous tenons à remercier également **Mme. HADJ HAMMOU.N** (Maître assistante à **(FSTGAT)** d'avoir accepté de se joindre à ce jury pour examiner ce mémoire.

Nos vifs remerciements vont également à **M. BOUTALEB.A (Professeur à l'USTHB)** pour l'intérêt qu'il nous a accordé, et de nous avoir permis de profiter de sa connaissance profonde en géologie.

Nous voulons plus particulièrement exprimer notre profonde reconnaissance en géologie minière à **M SAMLL** et **M HAMIS.A** et tous les enseignants qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre formation, et toute notre promotion (2015/2016).

On remercie également toute l'équipe pédagogique des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'UMMTO. Sans oublier de remercier l'aide précieuse de nos chères camarades étudiants particulièrement à Mohamed BOUDIAF (doudou) qui vont se reconnaître.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Mon mari **Brahim** pour son aide et sa patience.*

*Mes très chers **parents** pour leurs sacrifices et leurs encouragements durant toutes mes études.*

*Mes frères : **Mokrane** et sa femme **Derifa**, **Aziz**, **Yacine**, **Abderhmane** et sa femme **Kahina** et **Fatah** .*

*Mes neveux : **Ilyana** et **Manis**.*

*Ma belle famille **CHELLI** : mon beau père **Amar**, ma belle mère **Aldjia** que Dieu l'accueille dans son vaste paradis, ma belle grand-mère **Fatma**, ma belle sœur **Razika** et sa fille **Maria** .*

*Mes très chères **Celia** et **Hassiba***

*Tous mes amis géologues, spécialement **Mouhamed BOUDHIAF** pour son aide, et **kahina**, **Djamila**, **Sonia**, **Amira**, **Zozo**, **Samia**, **Sabrina**, **Nassima***

*Mes cousines : **Nassima**, **Lilia**, **Samia**, **Rezika** et son petit poussin **Alène**, **Katia**.*

*Mon binôme **HADDAD Kahina**.*

Bahia

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A mes très **chers parents**, en reconnaissances de leur amour, sacrifices, soutien et confiance qu'ils ont toujours su me donner*

*A mes deux sœurs **Thanina** et **Ines** pour leur grand amour.*

*A mes ami(e)s les plus proches : **Sofiane**, **Aziza**, **Fariza**, et **Sonia** pour leur amour et soutien*

A toute ma famille et à tous ceux qui m'aiment

*En fin, je dédie ce mémoire à mon amie **Ghaleb Bahia***

H.Kahina

RESUME

Dans les séries carbonatées d'El Abed (Ouest Algérien, Ghar Rouban), les minéralisations à Pb-Zn en amas stratiforme forment les faciès de remplissage de stratabound et de karst d'une plate forme carbonatée bajocienne. Le contrôle structural joue un rôle capital dans la localisation du gîte de bordure de plate forme sur des failles synsédimentaire. Dans les niveaux dolomitiques encaissant la minéralisation, les assemblages minéralogiques du karst en sulfures et non sulfures sont caractérisés par la même composante que le stratabound. Ceci suggère que la mise en place de la minéralisation karstique résulterait de la dissolution, remaniement par des fluides hydrothermaux de la minéralisation stratabound.

Mots clés : El Abed, Monts de Mont Tlemcen, Ghar Rouban, plate forme carbonatée, Bajocien, dolomie, faille, karst, Jurassique inférieur, fluide hydrothermal

ABSTRACT

Zn-Pb ores in the El Abed (west of Algeria, Ghar Rouban), are found as stratiform levels as stratabound and karst filling in carbonate platforms faciès of Bajocian age. Tectonic structures (e.g. synsedimentary faults) played a relevant role in the emplacement. The dolomitic ore-related host-rock levels are characterized by the presence of associated mineral sulphide and no sulphide in the karst, similar of de mineralogical composition in stratabound. The later is evidenced by correlation between karst and sulphide contents, suggesting that the installation of karstic mineralisation would result of dissolution and remaniement processus of stratabound mineralisation by hydrothermal fluid.

Key mords: El Abed, Mont of Tlemcen, Ghar Rouban, carbonate platforms, Bajocian, dolomite, faults, karst, low-Jurassic, hydrothermal fluid

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1 : Localisation géographique de la région d'El Abed	3
Figure 2: Réseau hydrographique du bassin de la Tafna.....	4
Figure 3: Carte montrant le plan d'exploitation de la mine d'El Abed (Doc. ORGM).....	5
Figure 4 : photographie du puits III.....	6
Figure 5 : La digue d'El Abed.....	7
Figure 6 : Les types de soutènements dans la mine d'El Abed.....	7
Figure 7: Photo montrant les cellules de flottation du minerai.....	8

Chapitre II

Figure 8: Schéma structural de la chaîne tello-rifaine (WILDI, 1981).....	11
Figure 9 : Schéma structural du NW de la chaîne Tellienne (modifiée in BOUTALEB 2010).....	12
Figure 10: Extrait de la carte géologique des monts de Ghar Roubane (G. Lucas, 1942) modifiée.....	15
Figure 11: log synthétique du horst de Ghar Roubane (G. Lucas, 1942).....	18
Figure 12 : Carte structurale schématique des Monts de Ghar-Roubane et des régions voisines (S. Elmi, 1988).....	19
Figure 13 : Schéma structural simplifié de la région de Ghar Roubane (LUCAS, 19) modifiée par Labchri.d 2011.....	20
Figure 14 : carte de structure générale des Monts de Ghar Roubane (S. Elmi, 1988).....	21
Figure 15 : coupe géologique localisant les différentes minéralisations et leurs formes (D'après G. Lucas ; 1942).....	22

Chapitre III

Figure 16 : Carte géologique de secteur minier d'El Abed ZAGOSKINE (1972), Doc.SONAR.....	24
Figure 17 : Photo montrant les argiles rouges Supra-socle	25
Figure 18: Photo montrant la dolomie grise de l'unité I. (Labchri.2011).	26
Figure 19: Photo montrant la dolomie grise de l'unité II, (Labchri. 2011).....	27

Liste des figures

Figure 20: Photo montrant une cavité karstique de petite dimension, (Chaa.H. 2010).....	28
Figure 21 : Log stratigraphique d'El Abed, compilation de DAOUADJI et BOUDJADJA (2002).....	29
Figure 22 : Etapes d'évolutions paléogéographique d'El Abed (TOUAHRI, 1983) modifié	31
Figure 23: Position des corps minéralisés par rapport aux accidents tectoniques de Touissit-Boubeker et El Abed d'après (Makhoukhi et Al, 1993).....	33
Figure 24 : Schéma structural du gisement d'El Abed (Zagoskine, EREM inédit ,1972, modifiée labchri 2011).....	33
Figure 25 : Schéma structurel (principales failles) de la région d'El Abed (Labchri.D 2011).....	35
 Chapitre IV	
Figure 26 : vue microscopique d'une dolomicrite à fantômes d'oolites (S.P L.N Gr x 10).....	36
Figure 27 : photo montrant l'échantillon de la dolomicrite	37
Figure28: Photo montrant la dolomite saccharoïde (L.M, L.P.N.A Gr x 5)	37
Figure 29 : photo montrant la dolomie spathique avec les joints remplie de la matière Organique S.P L.N Gr x 10).....	38
Figure 30 : photo montrant la dolomie spathique à débris de matière organique	38
Figure 31: vue microscopique de la dolomie zébrée (S.P L.N Gr x10).....	39
Figure 32 : photo montrant la dolomite baroque.....	39
Figure 33 : vue microscopique de la dolomie baroque (S.P L.N Gr x 10).....	40
Figure 34: photo montrant la dolomite (VI) veinulée, mémoire BOUDIAF.M	40
Figure 35 : Photo montrant des phénocristaux de quartz (loup Gr x 5) ,(BOUDIAF.M)... ..	41
Figure 36 : Photo montrant une bande décimétrique de sphalérite massive.	42
Figure 37 : Photo montrant une texture veinulée de sphalérite post dolomite blanche (Labchri.D.2011).....	42
Figure 38 : Photo montrant la texture disséminée de la sphalérite dans la dolomie.. ..	43

Liste des figures

Figure 39 : Photo montrant une texture bréchique à fragments de sulfures dans les sédiments interne du karst.....	43
Figure 40: Photo montrant une texture géodique de la dolomie blanche.....	44
Figure 41: Photo montrant la sphalérite zonée lame mince (L.N Gx10), (Chaa.H 2010).....	44
Figure 42 : Photo montrant une texture rubanée de dolomite blanche et grise.....	45
Figure 43 : Photo montrant la texture pulvérulente) (mémoire BOUDIAF.M.....	45
Figure 44 : Photo montrant la pisolithe de matière organique de spéleothonème lame mince (L.N Gx10), (Boutaleb 2010).....	46
Figure 45 : Photo montrant une texture de crustification de dolomite rose sortie de moucheture de pyrite cuivreuse.....	46
Figure 46 : Photo montrant la sphalérite.....	47
Figure 47 : photo montrant la sphalérite remplaçant la dolomie (L.N Gr x 4).....	48
Figure 48 : Photographie d'un échantillon montrant de la Galène massive.....	49
Figure 49: Photo montrant la galène associée à la sphalérite et à la chalcopirite (S.P L.N Gr x 10).....	50
Figure 50: Photographie montrant un échantillon de la pyrite.....	50
Figure 51: Photo montrant la pyrite III sur la dolomite rose (loupe Gr x 5).....	51
Figure 52 : Photo montrant la chalcopirite et la galène associées à la dolomite, (S.P L.N Gr x 10)	51
Figure 53: Photo montrant l'association cuivre gris, galène et sphalérite (S.P L.N Gr x 5), (Labchri.D.2011).....	52
Figure 54 : vue microscopique de la silice.....	53
Figure 55 : Tableau de succession paragénetique de la minéralisation stratabound d'El Abed.....	54
Figure 56 : Photo montrent la morphologie de karst.....	54
Figure 57 : Photo montrent un échantillon de remplissage karstique.....	55

Liste des figures

Figure 58 :Succession des dépôts de sédiments internes karstiques au sein des cavités karstiques, avec de gros fragments anguleux de dolomies de l'encaissant.....	56
Figure 59 : cavité à remplissage » de quartz de néoformation et intense silicification des sédiments internes dans les cavités karstiques.....	56
Figure 60 : Produits de remplissage karstique (Chaa.H.2010).....	57
Figure 61 : photo microscopique de la sphalérite karstique S. P(L.N Gr x 10).....	58
Figure 62 : Photos montrant la pyrite karstique S.P (L.N Gr x 10), BOUDIAF.M.....	59
Figure 63 : Photo montrant la galène associée a la pyrite dans le karst (S.P Gr x 10).....	59
Figure 64 : photo montrant l'association de sphalérite, galène, cuivre gris, covelite, et chalcopyrite (L .P.A Gr x 10).....	60
Figure 65 : Photo montrant la barytine subautomorphe (L.P.A Gr x 10).....	60
Figure 66 : Photo microscopique de la silice avec de la dolomite et de la pyrite.....	61
Figure 67 : Photo montrant un échantillon de karst riche en matière organique (Boutaleb, 2010).. ..	61
Figure 68 : photo montrant la dolomite karstique.....	62
Figure 69 : schéma montrant le mode de formation de la minéralisation stratabound....	63
Figure 70 : Schéma montrant le mode de formation de la minéralisation karstique.....	63

Liste des abréviations

Symboles	Désignations
ANGCM	L'Agence Nationale de Géologie et du Contrôle Minier
ORGM	Office de recherche de Géologique et Minière
ENOF	Entreprise Nationale des non ferreux
ANAM	L'Agence Nationale des Activités Minières
Cu	Cuivre
Ba	Barytine
Ch	Chalcopyrite
Fe	Fer
Pyr	Pyrite
SDI	sédiment détritique interne
SCI	Sédiment chimique interne
M	Mètre
Mt	Millions de tonnes
Km	Kilomètre
MVT	Missipi-Valley-Type
NE	Nord-est
NO	Nord-ouest
Pb	Plomb
Gal	Galène
Qtz	Quartz
SW	Sud-ouest
SE	Sud-est
T°C	Température
Sp	Sphalérite
Zn	Zinc

Liste des abréviations

EMEA	Ecole des mines El Abed
TBE	Touissit-Boubeker-El Abed
cm	Centimètre
mm	Millimètre
LPA	Lumière polarisée analysée
LPNA	Lumière Polarisée non Analysée

Sommaire

Introduction générale	1
CHAPITRE I :Généralités	
I.1. But et méthodologie du travail	2
I.1.1. But du travail	
I.1.2. Méthodologie du travail	
I.2. Situation géographique.....	2
I.3 Climat et végétation.....	4
I .aClimat.....	
I.Végétations.....	
I.4.Hydrographie et Hydrogéologie	4
I.4.1. Hydrographie	
I.4.2. Hydrogéologie.....	5
I.5.Présentation de la mine d’El Abed	7
I.5.1. L’etat actuel du site	8
I.5.2.Les puits	8
I.5.3. La laverie	9
I.5.4. La digue	9
I.6. Méthodes d’exploitation et de traitement du minerais.....	10
I.6.1. Méthodes d’exploitation	10
I.6.2. Traitement mécanique et chimique du minerai	11
I.7. Historique des travaux.....	12
CHAPITRE II : Contexte Géologique régionale	
II. 1. Introduction.....	14
II.2. Cadre géologique	14
II.3.Stratigraphie.....	16
II. 3.1. Le Paléozoïque	
II.3.1.1. Le Paléozoïque indéterminé	
II.3.1.2. Le Gothlandien	

II.3.1.3. Le Dévonien	
II.3.1.4. Le carbonifère	
II.3.1.5 Les Roches Eruptives	
II.3.2. Le Mésozoïque	
II.3.2.1. Le Trias	
II.3.2.1. Le Permo-Trias des Horsts	
II.3.2.2. Le Trias gypseux des lagunes	
II.3.2.2. Le Jurassique	
II.3.2.2.1. Le Lias	
II.3.2.2.2. Le Dogger	
II.3.2.2.3. Le Malm	
II.4. Paléogéographie.....	23
II.5. Tectonique	23
II.6. Géologie régionale	26
II.6.1. Les gisements de cassures encaissés dans le socle	
II.6.1. Les gisements associés aux dolomies liasiques	
II.7. Conclusion	27
 Chapitre III : Géologie de la région d'étude	
III.1. Introduction	29
III.2. Lithostratigraphie	30
III.2.1. Le Paléozoïque	
III.2.2. Le Mésozoïque	
III.2.2.1. Le Trias	
II.2.2.2. Le Jurassique inférieur et moyen :	
II.2.2.2.1. Unité I	
II.2.2.2.2. Unité II	
II.2.2.2.3. Unité III	
II.2.2.2.4. Le Bathonien	
II.2.2.2.5. Le Callovien	
II.2.2.3. Le Jurassique supérieur	
III.3. La paléogéographie.....	35
III.4. Tectonique générale d'El Abed	37
II.4.1. Le socle paléozoïque et l'orogénèse hercynienne	
II.4.2. La couverture mésozoïque	

III.4.3. Tectonique du gisement	
III.4.3.1. Tectonique anté-calloviennes	
III.4.3.2. Tectonique post-calloviennes	

III.5. Conclusion.....	41
-------------------------------	-----------

CHAPITRE IV : Minéralisations

IV.1. Introduction	42
---------------------------------	-----------

IV.1. Etude de l'encaissant	43
--	-----------

Dolomicrite

Dolomie microcristalline

Dolomie veinuléé

Dolomie baroque

Dolomie zébrée

Dolomie spathique

IV.2. La silicification.....	48
-------------------------------------	-----------

Conclusion.....	48
------------------------	-----------

IV.3. Texture de la minéralisation.....	50
--	-----------

IV.3.1. Texture massive

IV.3.2. Texture veinulée

IV.3.3. Texture disséminée

IV.3.4. Texture bréchique

IV.3.5. Texture géodique

IV.3.6. Texture zonée

IV.3.7. Texture rubanée

IV.3.8. Texture pulvérulente

IV.3.9. Texture collomorphe

IV.3.10. Texture mouchetée

IV.4. Etude de la minéralisation	52
IV.4 .1 Description de la minéralisation stratabound.....	54
IV.4 .1.1 Minéraux métallique.....	54
La sphalérite (ZnS)	
La galène (PbS)	
La pyrite(FeS ₂)	
La chalcopirite (CuFeS ₂)	
Le cuivre gris	
La marcassite	
IV.4.1.2 Minéraux de gangue	61
La dolomite (CaMg(CO ₃) ₂)	
La Silice (SiO ₂)	
La Calcite (CaCO ₃)	
IV.4.2. Succession paragénétique	62
IV.4.2.1 Phase diagénétique	
IV.4.2.2. Phase épigénétique	
IV.5. Description de la minéralisation karstique	63
IV.5.1. Morphologie et sédimentologie du karst	63
IV.5.2. Les produits de remplissage du karst	66
IV.5.3. Minéralogie	67
IV.5.3.1. Minéraux métallique.....	67
La sphalérite (ZnS)	
La pyrite Fe S ₂	
La galène (PbS)	

La chalcopryrite Cu Fe S₂

IV.5.3.2. Minéraux de gangue	70
La barytine Ba So ₄	
La silice Sio ₂	
La matière organique	
La dolomite	
IV.6. La mise en place de la minéralisation	72
IV.7. Modele génétique d'El Abed	74
Conclusion	75
Conclusion générale.....	76

Introduction générale

Les gisements de Zinc et de Plomb connus à ce jour se localisent presque exclusivement au Nord de l'Algérie, la région Saharienne est pratiquement dépourvue.

Le gisement d'El Abed (Tlemcen) est de type MVT, il comprend les plus grandes réserves en Pb-Zn et domine la production mondiale avec environ 50% de la production et 75% des réserves.

Les fluides minéralisateurs sont souvent de type bassinal avec une salinité de 10 à 30 wt% et les températures de formation sont généralement de l'ordre de 50-200°C. Ils sont généralement encaissés dans des roches carbonatées du Paléozoïque ou bien du Secondaire (Jurassique).

On dénombre deux types de minéralisations à El Abed :

- Une minéralisation en stratabound dite « de type I » encaissée dans les dolomites grises et blanches, composée de marcasite, cuivre gris, chalcopirite et sphalérite, galène.
- Une minéralisation à remplissage karstique, qui est le résultat du remaniement de la minéralisation de type I.

Ce mémoire comporte plusieurs chapitres :

Le premier chapitre : une présentation des généralités sur la région, la situation géographique, l'objectif du travail avec les différentes méthodes utilisées et enfin, l'historique des travaux antérieurs.

Le deuxième chapitre : comporte des généralités, sur l'organisation géologique, sédimentologique, tectonique et paléogéographique des monts de GharRoubane.

Le troisième chapitre : sera une étude lithologique du secteur d'étude ainsi que les phénomènes dolomitiques et de silicifications qui lui sont associés, suivie d'une esquisse tectonique et paléogéographique du gisement d'El Abed.

Le quatrième chapitre : comporte une étude géologique, une présentation de la morphologie des corps minéralisés et des textures de minerais, une étude des sections polies et de lames minces qui permettront d'établir les relations chronologiques entre les différents minéraux et la succession paragenétique des phases de la minéralisation stratabound, complétée par une étude des minéralisations karstiques.

Nous clôturerons ce travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS

I. But et méthodologie du travail

I.1. But du travail

Notre étude s'intéresse à la région d'El Abed où se situe le gisement d'El Abed de type MVT représenté par une minéralisation de type stratiforme et une minéralisation karstique liée exclusivement aux dolomies aléno bajociennes

L'objectif principal du travail est axé sur :

- La description de l'encaissant des minéralisations du gisement d'El Abed.
- La présentation de la morphologie des corps minéralisés et des textures des minerais observés au niveau des deux minéralisations.
- Une description et composition des minéralisations d'El Abed.

I.2. Méthodologie du travail

Ce travail a nécessité l'utilisation de méthodes classiques en commençant par une recherche bibliographique sur les travaux antérieurs dans la région concernant la géologie et la géologie, suivie par une étude sur le terrain.

Les travaux de terrain ont consisté en un échantillonnage sur les deux types de minéralisation ainsi pour l'aspect géologique et métallogénique.

II. Situation géographique

La région d'El Abed se situe à la frontière algéro-marocaine dans les Hauts Plateaux, à environ 670 Km à l'Ouest de la capitale Alger. Elle est comprise entre la plaine de Maghnia au Nord, la haute vallée de Tafna à l'Est, la Dépression de Touissit-Boubeker à l'Ouest et les Hauts Plateaux au Sud (fig 1).

Le gisement d'El Abed se situe à environ 70 km au SW de la ville de Telemcen, il se prolonge au Maroc par le gisement de Boubeker et de Touissit (fig 1).

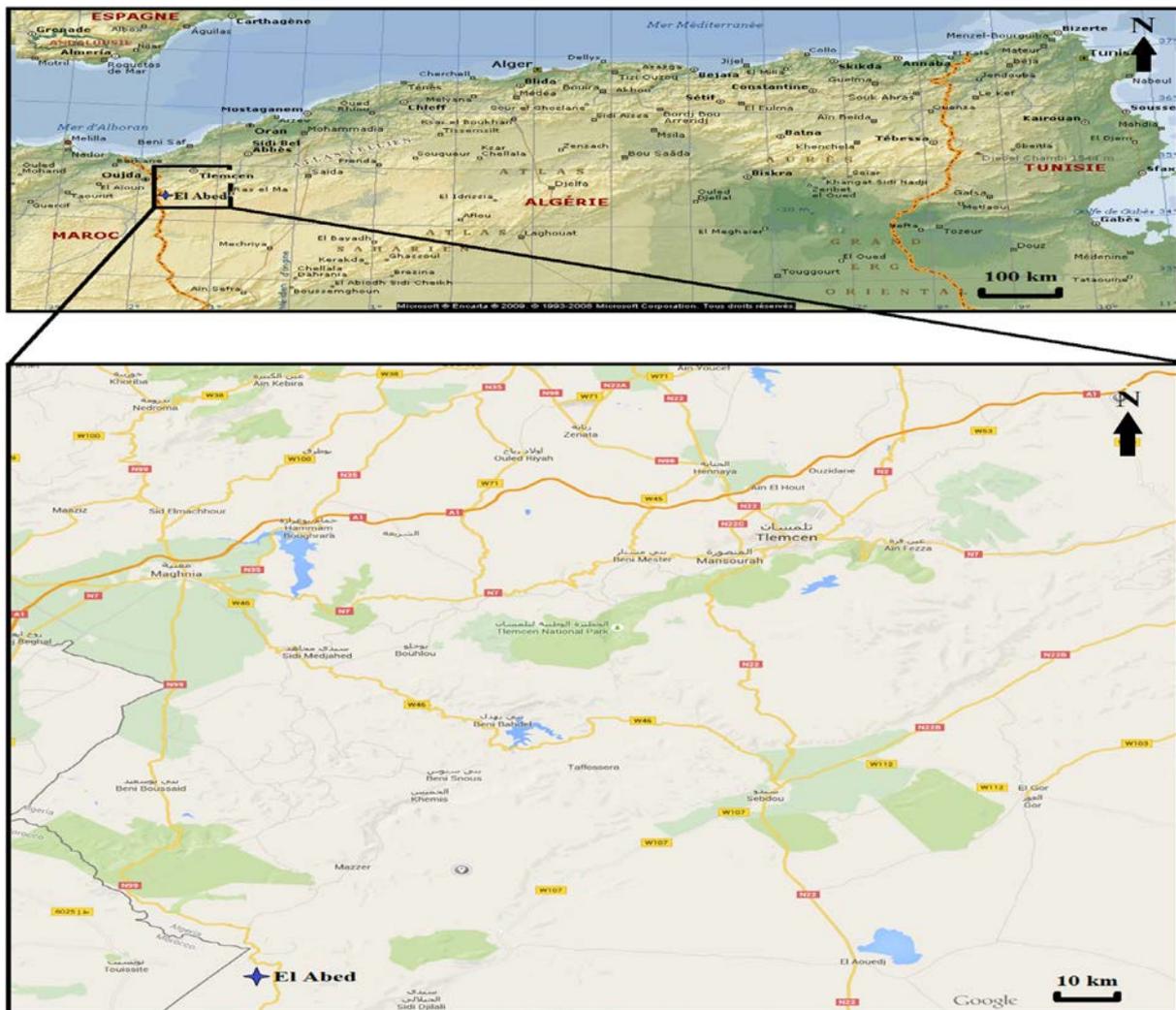


Figure 1 : Localisation géographique de la région d'El Abed (Google, Encarta 2009).

III. Climat et végétations

1. Climat

Le climat de la région est de type continental caractérisé par un hiver très prolongé froid et un été chaud et sec. Les températures varient de 5°C en hiver à 45°C en été. Les précipitations sont relativement faibles, avec une moyenne interannuelle de 300mm, elle est très inégalement répartie au cours de l'année.

2. Végétations

La végétation d'El Abed est très peu développée, on rencontre généralement des chênes verts, des pins et des palmiers nains, et énormément de broussailles. Dans la région on rencontre de vaste étendue de champs et de prairies, hormis ceux réservés à l'agriculture, d'autres sont utilisés pour la plus part pour l'activité agro-pastorale par la population locale. L'activité agricole pratiquée dans la région se résume en générale à la céréaliculture et à l'arboriculture (oliveraie, pruniers et pommiers).

IV. Hydrographie et Hydrogéologie

IV.1. Hydrographie

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques. Le chevelu hydrographique suit pratiquement les accidents importants qui ont affecté les formations carbonatées du jurassique et se modifie avec l'évolution de la tectonique (fig 2).

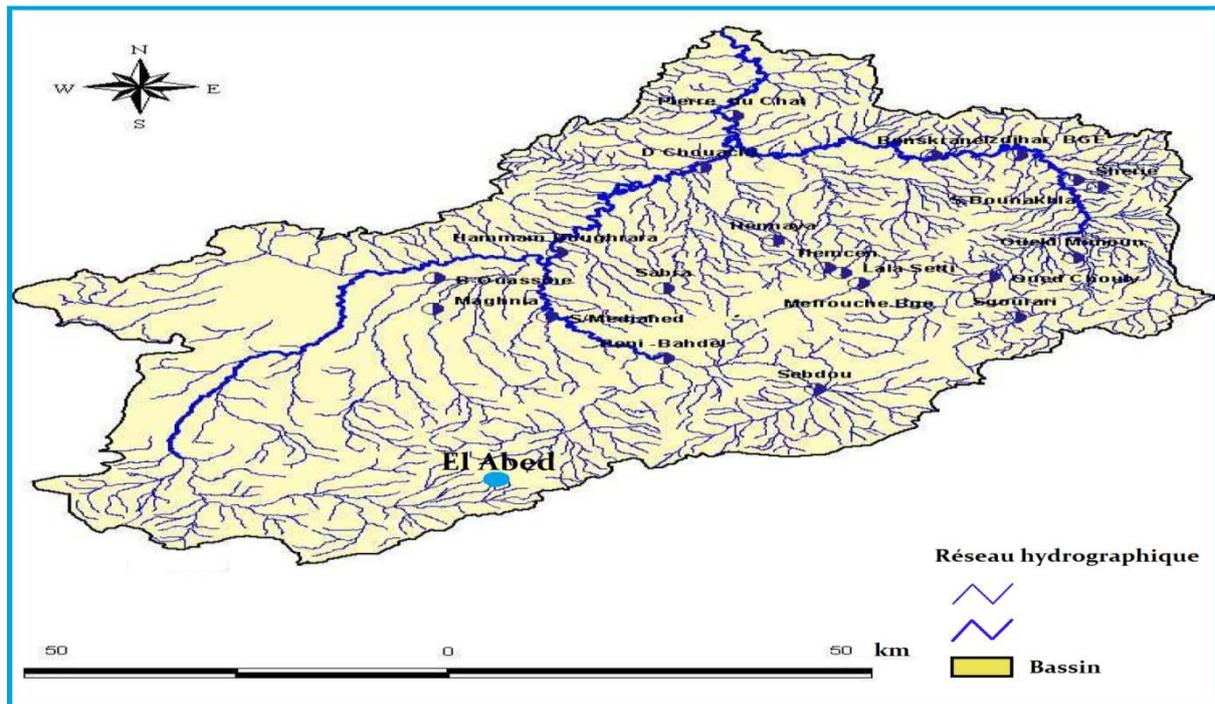


Figure 2: Réseau hydrographique du bassin de la Tafna.

V. Présentation de la mine d'El Abed

Le gisement d'el Abed est situé à l'extrémité Nord-Ouest du territoire algérien sur la frontière Algéro-marocaine, le relief de la région est montagneux et les altitudes culminent entre les côtes, 1260 et 1550m.

Le gisement représente le prolongement d'une importante couche minéralisée dont la partie se trouve au Maroc (Touissit - Boubker). Il a été étudié initialement au Maroc où la minéralisation affleure en surface. Il a été mis en évidence en 1949 par le BRGM et la société anonyme de Zellidja (Société Marocaine).

✓ Historique

L'exploitation a débuté en 1952 par cette société qui rétrocéda une partie de ces droits à la société nouvelle des Mines de Ain Arko et à l'Algérienne du Zinc et qui reprendra la totalité de ses droits en 1964. Dans le cadre de l'extension des travaux d'exploitation dans la partie Algérienne du gisement, la mine a réalisé en 1963 le puits n° 3 et en 1964 le puits n° 4. Au début de l'exploitation, le minerai extrait était acheminé vers le Maroc par les ouvrages souterrains communicants entre les deux pays. De 1952 à 1966, la mine a procédé à une exploitation du

gisement ayant permis d'extraire 5.300.000 tonnes de minerai avec des teneurs moyennes de 1,04 % pour le Plomb et 6,90 % pour le Zinc. La mine fût nationalisée le 06 Mai 1966 et confiée à la SONAREM. Elle a été intégrée dans le patrimoine de l'ENOF en Juillet 1983.

L'exploitation est souterraine, est réalisée par foudroyage ou remblayage, suivant les caractéristiques variables des quartiers. Les chantiers sont reliés aux puits par des galeries principales assurant d'une part l'accès du personnel et du matériels et d'autre part, l'évacuation du minerais vers les puits (III) et (IV).

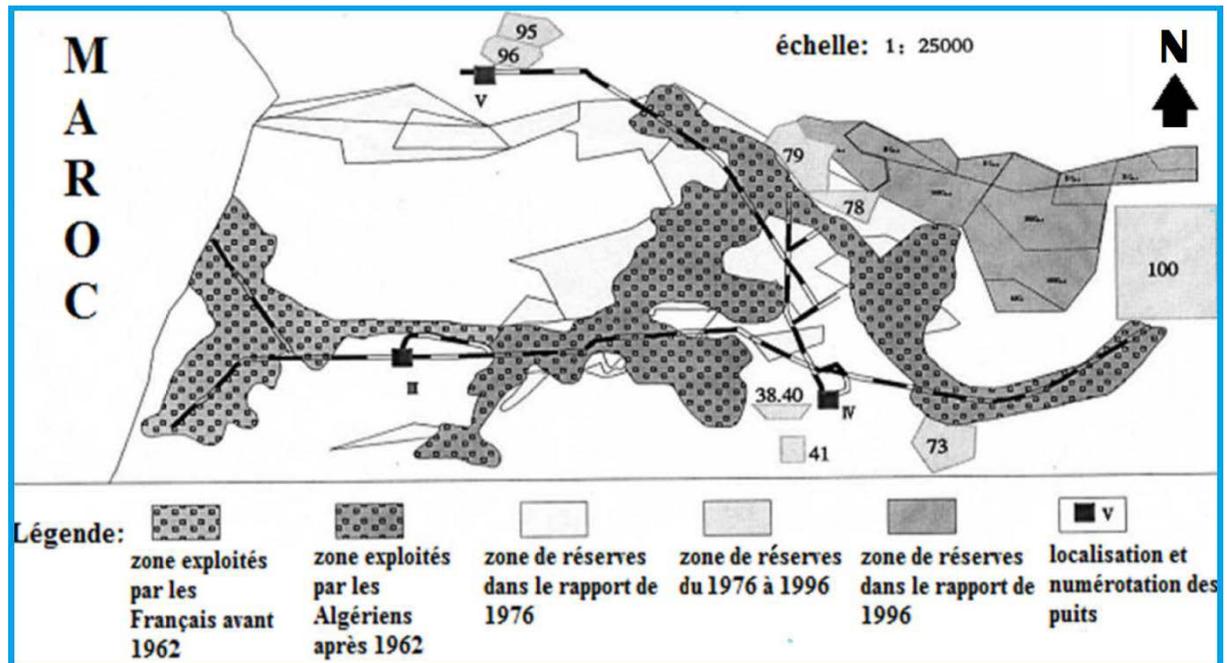


Figure 3: Carte montrant le plan d'exploitation de la mine d'El Abed (Doc. ORGM).

V.1. Etat actuel du site

Depuis l'arrêt des activités minières par l'ENOF en 2002, le complexe minier d'El Abed est resté presque à l'abandon, sauf pour le puits (III) qui a servi pendant plusieurs années comme moyen d'accès à la mine, pour les stagiaires de l'école des mines d'El Abed (EMEA), et les universitaires. Au cours de l'année 2006 la mine a suscité l'intérêt d'une entreprise chinoise (BEERGGM) pour une éventuelle reprise de la production de concentré de Zn et de Pb. Cependant L'accord signé avec les chinois, n'à abouti à rien de concluant, vu qu'ils sont repartis après plusieurs mois en abandonnant la plupart de leurs matériels et leurs équipements sur place.

V.2. Les puits

La mine est subdivisée en quatre quartiers : le long de la zone Sud, d'Ouest en Est, on distingue : Ain Arko, Alzi, El Abed, et parallèlement à ces quartiers, le long de la zone Nord se trouve le quartier Nord du puits (V).

L'accès au gisement se fait par trois puits verticaux (fig 4) :

- Le puits (III), à l'Ouest, a 276 m de profondeur et dessert Ain Arko.
- Le puits (IV), à l'Est, a une profondeur de 365 m et dessert Alzi, et El Abed.
- Le puits (V), au Nord, avec 450 m de profondeur, c'est un puits non achevé et abandonné il servira plus tard à l'aéragé.

En Décembre 2002, l'ENOF décide de la cessation et de la fermeture de l'activité de la mine d'El Abed. A la fin de l'année 2002, le Ministère de l'Énergie et des Mines décide de récupérer et de créer une école des métiers de la mine sur le lieu et place de la mine d'El Abed.

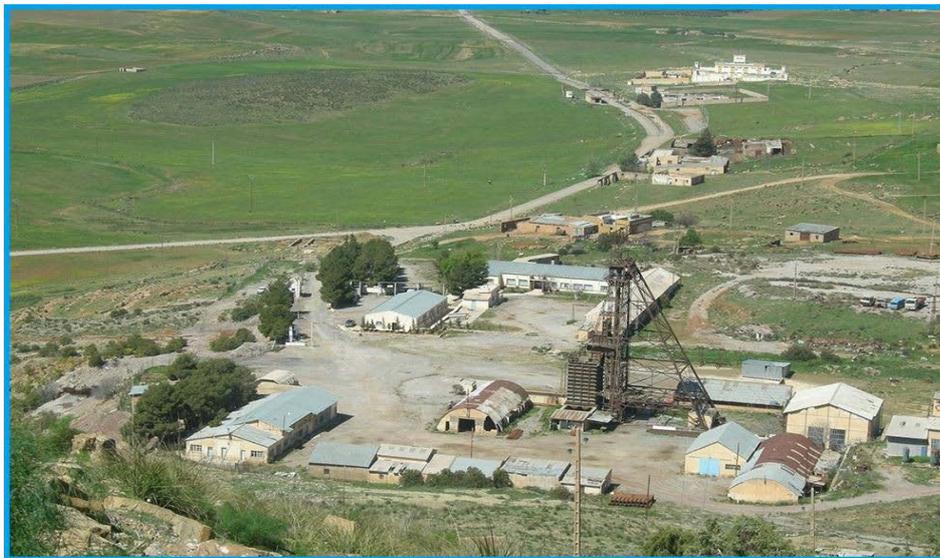


Figure 4 : photographie du puit III .

V.3. Laverie

Située au Nord-Est du village, elle fut construite et mise en service en 1972, avec une capacité de traitement de 600.000 tonnes par an de tout-venant. Elle est actuellement hors service en raison de la fermeture de la mine.

V.4. La digue

Située à quelques centaines de mètres au Sud du village d'El Abed (fig 5), avec une superficie d'environ 365062 m² et une épaisseur d'environ 5 à 15 mètres par endroits, cumulant un volume de 5475930 m³. Elle est constituée d'environ 15 Millions de tonnes de déchets à éléments très fins, accumulés durant toute la période de traitement du minerai primaire. Ces éléments sont en contact directe avec les Oueds, la végétation et la faune locale.



Figure 5 : La digue d'El Abed.

VI. Méthodes d'exploitation et de traitement du minerai

VI.1. Méthodes d'exploitation

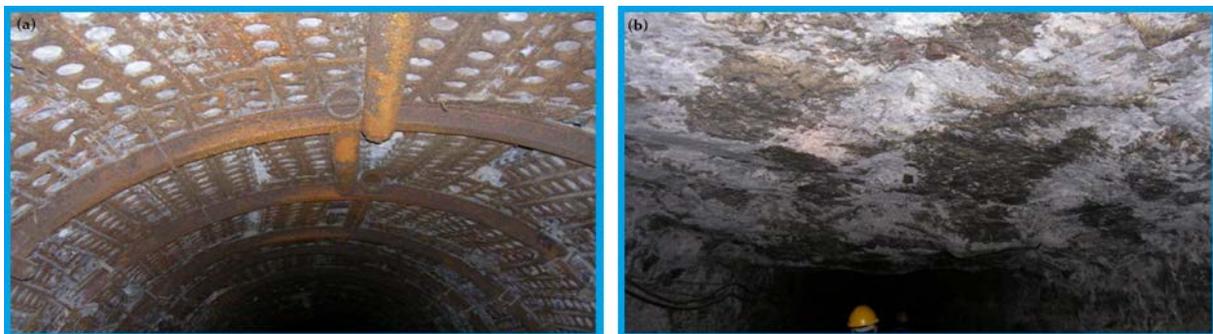
Le choix d'une méthode d'exploitation dépend de plusieurs facteurs et qui sont:

- L'importance du gisement.
- Les variations des teneurs.
- La puissance, le pendage et l'irrégularité de la formation.
- La stabilité de la couronne.
- La dureté, les caractéristiques physico-mécanique du minerai et des encaissants.

Pour le gisement d'El Abed, les méthodes d'exploitations retenues sont :

Par chambres et piliers(soit en un seul niveau pour des épaisseurs inférieur à 5m, soit à deux niveaux pour des épaisseurs supérieur à 5m). L'abattage du minerai se fait à l'explosif, la perforation des trous de mine se fait par marteau perforateur disposés sur un système pneumatique qui est destiné à lever le marteau et à l'avancer vers la taille.

Le soutènement joue un rôle principal dans ce type d'exploitation, il contribue à la stabilité du massif rocheux. Il existe deux types de soutènement dans la mine d'El Abed, un soutènement naturel pour les roches dures(fig a) et un soutènement artificiel pour les roches tendres (fig b).



(a) : Soutènement artificiel.

(b) : Soutènement naturel.

Figure 6 : Les types de soutènements dans la mine d'El Abed .

VI.2. Traitement mécanique et chimique du minerai

Le traitement du minerai est effectué au niveau de la laverie d'El Abed. Le concassage s'effectue en trois étapes, primaire et secondaire ou on emploie un concasseur à mâchoire et ensuite un tertiaire par des concasseurs à cônes. Une fois le minerai concassé il est dirigé vers une trémie de stockage dont la capacité est de 4000t. Ce même minerai subit ensuite une classification et un broyage dans les classificateurs à spirales et dans les broyeurs à boulets de 60 et 80mm de diamètre. Le criblage est réalisé par des tamis vibrants à deux étages et deux lignes en parallèle. Les tamis en acier utilisés sont de 12x12, 14x14, 24x24. En fonction de la qualité du minerai tout-venant.

L'unité de flottation (fig 7) de l'usine est destinée au traitement du minerai tout venant (plomb et zinc) provenant des quartiers Ain Arko, Alzi et El Abed. La capacité de production est de 2000t/j de minerai. La flottation sélective est assurée par des cellules. D'abord on commence par la flottation de Plomb et ensuite par celle du Zinc. Les produits enrichis sont envoyés vers des cellules releveuses pour être récupérés comme concentrés (produits final), ces concentrés sont épaissis-filtrés-séchés et prêts à l'enlèvement.



Figure 7: Photo montrant les cellules de flottation du minerai.

La récupération des produits Pb-Zn étant achevée, les résidus (stériles définitifs) sont évacués vers un dépôt de stérile (digue) où ils sont stockés. Le traitement nécessite beaucoup d'eau (3.6m^3 /t environ). Pour subvenir aux besoins de la laverie, les exploitants utilisent l'eau souterraine, qui est pompée dans un réservoir de 150m^3 situé à proximité.

VII Historique des travaux

Les premiers travaux qui se rapportent à la géologie des Monts de Tlemcen ont été élaborés par Bayle. E et Ville en 1854, Pouyanne en 1877 et Gentil en 1903 ; et c'est grâce à Doumergue que les grands ensembles litho-stratigraphiques ont été définis sur des cartes géologiques de Terni, Telemcen et Lamoricière, publiées entre 1910 et 1943.

- En 1854, L. Ville, et Bayle, furent les premiers à réaliser les travaux sur la région. En 1855, B. Pomel apporta un peu plus de données, en observant des calcaires et des dolomies minéralisées.
- En 1877, J. Poujanne a établi la carte géologique de la région au 1/40.000, et détermina l'âge Oxfordien et Jurassique supérieur des marnes et des grès calcaires.
- En 1904, L. Gentil et P. Lemoine publient une étude paléontologique de la région.
- En 1910, F. Doumergue, G.M.B. Flamand, donna plus de détail sur la sédimentation.
- En 1932, M.P. Jodot établit l'âge bajocien supérieur de l'oolithe ferrugineuse de Djebel Mahsourprés de Touissit.
- En 1930, J. Savornin, donna une bonne subdivision stratigraphique de la série secondaire des horsts de la région.
- En 1942, G. Lucas édite des travaux qui couvrent l'aspect tectonique, cartographique, Paléogéographique sur les Monts de GharRouban.
- En 1965, M. Molkiné, confirme les études de G. Lucas. Depuis les travaux menés par les géologues, des universités d'Oran et de Lyon ont apporté d'autres précisions sur la géologie des Monts de GharRoubane (1969). Le BRMA puis la SONAREM ont effectué des travaux de recherche aux moyens de Sondages dans la mine d'El Abed.
- En 1983, B. Touahri, publie une étude métallogénique et géochimique sur le gisement d'El Abed.
- En 1985, Benest présente une étude sur les dépôts de la plate-forme du Jurassique supérieur et du Crétacé basal dans l'Ouest Algérien et le Maroc oriental.
- En 1986, Kazi-Tani établit une synthèse de l'évolution géodynamique de la bordure Nord Africaine.
- En 1987 B. Touahri présente une étude géochimique et un guide de prospection sur la métallogénie du Nord algérien, ces travaux ont été publiés par l'ONIG (Office National de l'Information Géologique) en 1991.
- En 1995, Benest et Bensalah étudient l'Eocène continental dans l'avant pays alpin d'Algérie.
- En 1993, Bouabdellah réalisa une étude sur les minéralisations du TouissitBoubeker.
- En 1999, Benest, Bensalah et Bouabdellah font une étude sur la couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Telemcenien.
- En 2002, U.S.T.H.B. : S. Bouhena, M. Aouichat, Daouadji et Boudjadja font une étude gîtologique des minéralisations d'El Abed.
- En 2003, 2004 U.S.T.H. B, Sanago et O.Ingoulem ont effectué une étude sur les minéralisations karstiques d'El Abed. Puis M. Kernouat et F. Ali Daouda en 2008

traitent les minéralisations d'El Abed. Cette étude a été suivie par une étude de la sédimentologie des remplissages karstiques par H. Chaa en 2010.

- En 2011 Labchri, D. réalise une étude des minéralisations d'El Abed (Tlemcen) – Thèse de magister –USTHB Alger.
- Entre 2010 et 2011 Boutaleb, A. et Moussaoui, Kh. (2010). Réalisent une étude pétrographique et microthermométrie des dolomies et des sphalérites d'El Abed– W.Tlemcen. Ankara 4-8 October.
- En 2015 Boudiaf, M et IGAHLOUZZNE,S.Etude des minéralisations Pb-Zn d'El Abed (Tlemcen) et leurs impacts sur l'environnement .

CHAPITRE II
CONTEXTE GÉOLOGIQUE
RÉGIONALE

II. 1. Introduction

La structure actuelle du Nord de l'Algérie est liée aux mouvements hercyniens et alpins, la région d'étude constitue une zone de passage entre le Tell au Nord et les hautes plaines au Sud (BENGERNIK, 2004). Le domaine Tlemcen en, forme la marge septentrionale des hauts plateaux algéro-marocains dont font partie les monts de Ghar Roubane (fig. 8). Ces derniers sont structurés en Horsts et Grabens (MEKHAH LI, 1988).

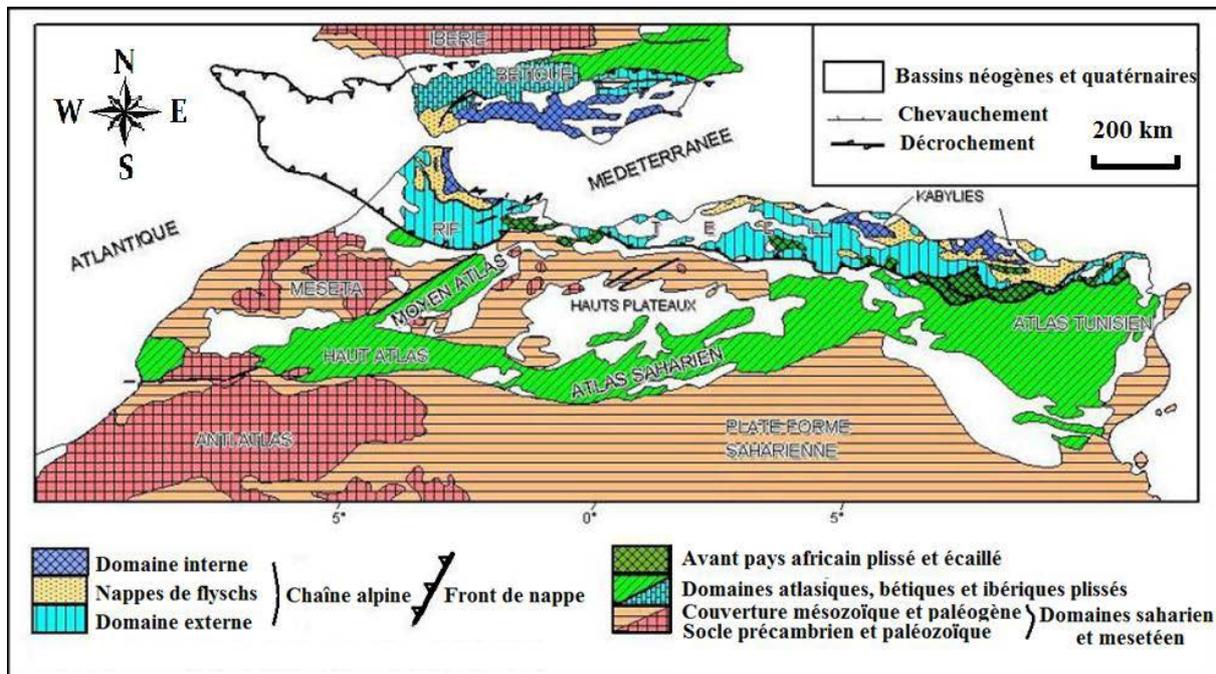


Figure 8: Schéma structural de la chaîne tello-rifaine (WILDI, 1981).

II.2. Cadre géologique

La région d'étude fait partie de la zone occidentale des monts de Tlemcen (les monts de Ghar Roubane). Elle est composée de plateaux élevés (1450 à 1700 mètres) et très accidentés (le maximum atteint 1843 mètres au Djebel Ténouchfi à El Abed).

Les monts de Ghar Roubane sont bordés par la plaine de Maghnia au Nord, la plaine des Angad d'Oujda et le plateau de Djorf Ouazzen à l'Ouest, la plaine de Magoura au Sud et enfin la partie occidentale des Monts de Tlemcen à l'Est.

Au Sud de la plaine de Magoura se développent les hautes plaines oranaises accidentées et le chaînon de Sidi El Abed (fig 9).

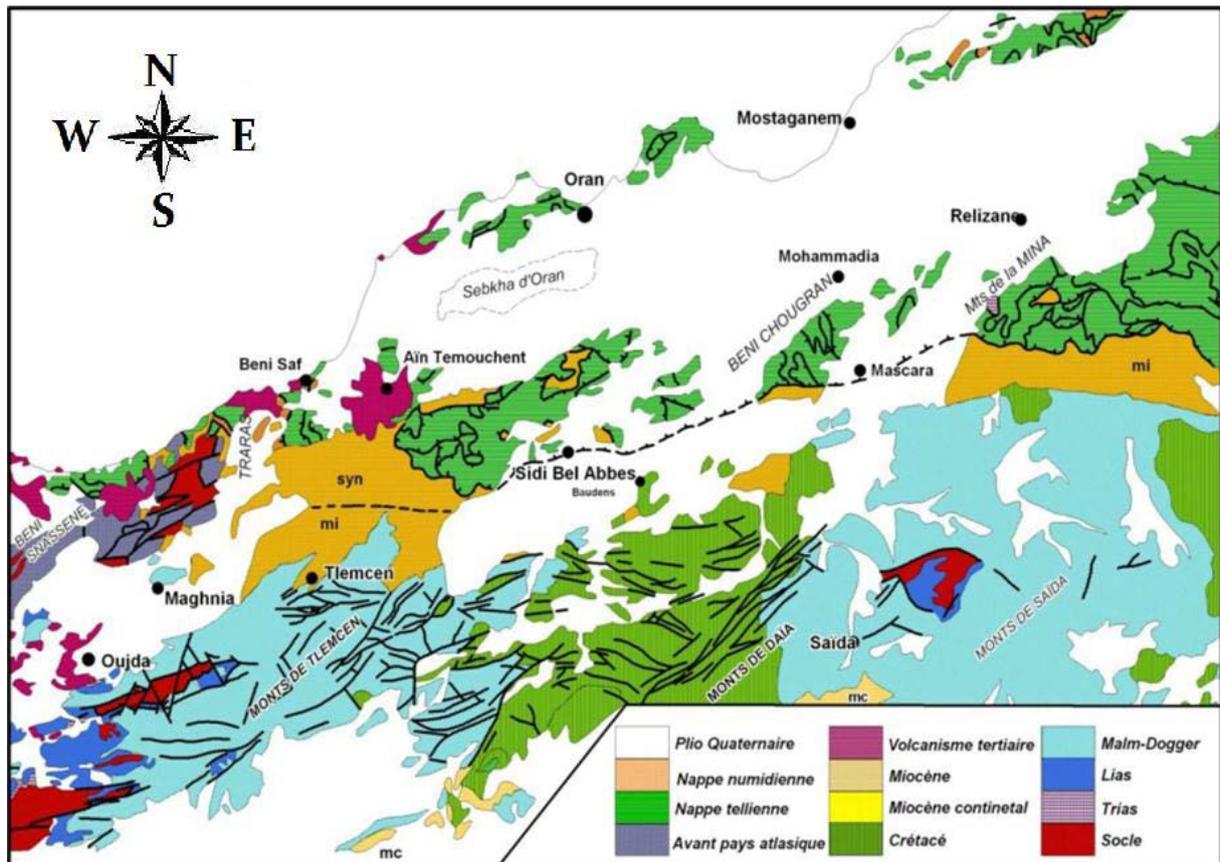


Figure 9 : Schéma structural du NW de la chaîne Tellienne (modifiée par BOUTALEB 2010).

Les monts de Ghar Roubane sont bordés par la plaine de Maghnia au Nord, la plaine des Angad d'Oujda et le plateau de Djorf Ouazzen à l'Ouest, la plaine de Magoura au Sud et enfin la partie occidentale des Monts de Tlemcen à l'Est. Au Sud de la plaine de Magoura se développent les hautes plaines Oranaises accidentées et le chaînon de Sidi El Abed.

G. LUCAS, (1942) subdivise les monts de Ghar Roubane en quatre unités géographiques distinctes qui sont du Nord au Sud:

- ✓ Les Monts de kef .
- ✓ La région de Ras Asfour qui comprend du Nord vers le Sud : le talus de Bou-Said, La barrière et le plateau de Ras Asfour.
- ✓ La chaîne du Ténouchfi.
- ✓ Le massif de Raourai.

Les Monts de Ghar Roubane et de Sidi El Abed se caractérisent par une structure en horst et graben et une inversion généralisée des reliefs.

Le Horst de Ghar Roubane correspond à une bande de direction WSW-ENE , qui s'étend sur une longueur de 25 km et 5 à 8 km de largeur. Il est délimité au Nord et au Sud par des

séries de failles bordières subparallèles de directions générales Nord-Est et subverticales dont les rejets atteignent parfois les 1500 mètres.

On distingue deux ensembles géologiques :

- Le socle paléozoïque ; comprenant des formations sédimentaires et volcaniques, plissées à l'Hercynien, et recoupées par des venues magmatiques.
- La série mésozoïque ; elle est discordante sur le Paléozoïque et comprend les dépôts du Trias et du Jurassique.

II.3. Stratigraphie

La série stratigraphique des Monts de Ghar Roubane est constituée par des formations mésozoïques essentiellement carbonatées (fig10) et (fig 11) à laquelle sont associées les minéralisations Plombo-Zincifères qui caractérisent la région, reposant sur un socle Paléozoïque qui est constitué par des formations métamorphiques, sédimentaires ainsi que des intrusions magmatiques plissées à l'Hercynien.

On observe surtout une série épaisse du Jurassique qui va du Lias au Kimméridgien, le Tertiaire et le Quaternaire existent en dehors de la zone d'étude en terrains réduits.

II. 3.1. Le Paléozoïque

Le Paléozoïque affleure sur le horst de Ghar-Rouban, il est formé de roches éruptives, avec un métamorphisme plus ou moins accentué, des minettes, des dolérites et des basaltes enfilons ou en petits époinnements.

Ces formations forment le Silurien, le Dévonien et le Carbonifère (LUCAS,1942 ,1952), des travaux de recherche et de prospection profonde ont permis d'établir des datations à partir des comparaisons faites avec la série caractéristique de Tifrit (Saida) où celle de faciès analogue au Maroc a permis a LUCAS (1942) de l'étudier dans le bassin de Djérada et de faire des corrélations et des subdivision suivantes :

II.3.1.1. Le Paléozoïque indéterminé

On trouve des schistes seuls ou associés à des quartzites qui apparaissent à Deglen et Khemis, ainsi qu'au massif granitique de Beni Senous. Affectés par un métamorphisme Viséen supérieur ou Post-Viséen. Près de la mine de Ghar Roubane, ce sont des schistes satinés, des schistes cornés (à Séricite, Cordiérite et Tourmaline) associés à des quartzites et à de petits bancs de grés. Une partie des schistes micacés, des phtanites et des quartzites, seraient d'âge Gothlandien.

II.3.1.2. Le Gothlandien

Il est composé principalement de schistes micacés quartzeux associés aux phyllites, aux bancs de grès qui sont le seul affleurement que l'on puisse rapporter avec certitude à cet âge à Djebel Ouazzéne signalé par LUCAS (1942).

II.3.1.3. Le Dévonien

Des brèches recouvertes d'un ensemble schisto-gréseux avec des calcaires récifaux à polypiers. Cette série est développée plus à l'Est, un faciès analogue du Dévonien se présente au Nord.

II.3.1.4. Le carbonifère : on distingue :**a) Viséen inférieur et moyen (les horsts de Ghar Rouban et du Djorf Ouazzéne)**

Des affleurements de calcaires recristallisés et dolomités, presque partout dans le ravin d'Allouba, près de Ghar-Rouban, ces calcaires et dolomies constituent des lentilles qui se relaient d'Ouest en Est. Des calcaires entourés par des schistes et quartzites qui peuvent contenir des microbrèches, et semblent particulièrement bien développés au Sud près de l'affleurement du vallon d'Allouba.

b) Viséen supérieur (des horsts de Touissit)

Est représenté par une série volcanique (dacites, skalavites, tufs et brèches) encaissées à la base, et au sommet par des schistes, parfois gréseux à bancs de calcaires, dans la partie supérieure, ces schistes ont fourni des Brachiopodes et des Goniatites du Viséen supérieur; Lucas (1942) a signalé un moule de Spirifère dans les tufs.

c) Le Viséen Supérieur et le Namurien (horst de Mendjel Ekhal)

Il s'agit de schistes gréseux, de grès grossiers, d'arkoses et de schistes gris foncés

II.3.1.5 Les Roches Éruptives

On les rencontre dans tous les affleurements primaires du horst où elles ont développé dans leur entourage un métamorphisme plus ou moins accentué. Il s'agit des granites de Béni Snous, des microgranites, des kersantites, des dolérites, et basaltes, qui apparaissent en filons, leurs âges sont très contestés.

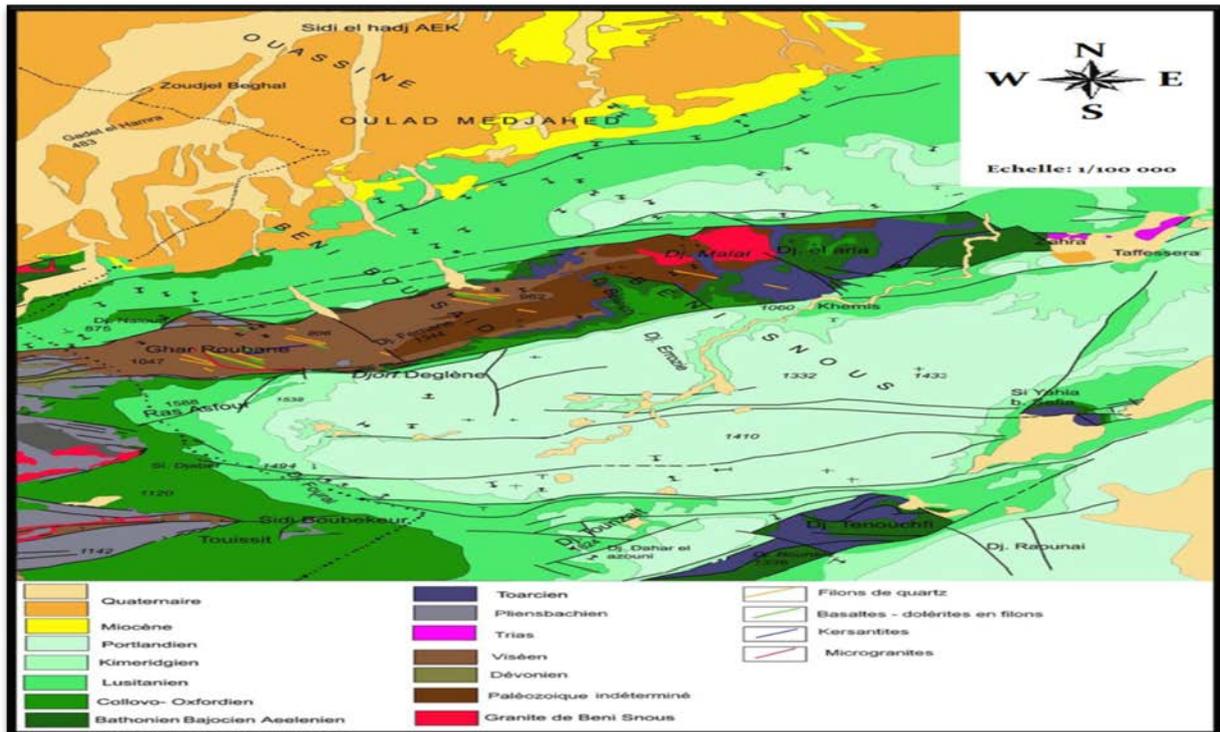


Figure 10 : Extrait de la carte géologique des monts de Ghar Roubane (G. Lucas, 1942) modifiée.

II.3.2. Mésozoïque

Il est marqué par une discordance et transgression sur l'orogénèse Hercynienne largement marquée suivie d'une pénéplation, une schistosité et une altération profonde du matériel éruptif.

II.3.2.1. Trias

En 1942 Lucas distingue deux groupes principaux, le Permo-Trias des horsts et le Trias gypseux de la zone des lagunes (Oujda-Sebdou-Sidi Al Abed).

II.3.2.1. Permo-Trias des Horsts

Des poudingues fluviatiles rouges qui affleurent dans la partie Sud du horst de Ghar Rouban, observés aussi sur le horst de Tounzaite (Lucas 1942 ;VOIRINE, 1965;ZAGOSKINE, 1972), des conglomérats rouges à galéts peu roulés, de dacite et de roches volcaniques se présentent au Nord de Deglen.

Des coulées de basalte intercalées de bancs de calcaire et d'argiles rouges recouvertes par des calcaires du Lias inférieur représentent Djebel Aourir (Sidi Abdellah Ben Seioub), et au WNW de Ghar Rouban.

II.3.2.2. Le Trias gypseux des lagunes

On rencontre des marnes violacées et gypsifères, à bloc de dolérites et basaltes, rarement des intercalations de calcaires parfois dolomités, dans le Sidi El Abed et dans la plaine de Magoura au sein de la dépression de Beni Bahdel.

II.3.2.2. Le Jurassique

Les terrains jurassiques, dont la constitution et l'épaisseur varient largement sont très développés dans la région de Ghar Rouban et forment la couverture secondaire du socle paléozoïque. Ils vont de la zone frontalière jusqu'aux monts de Tiaret, avec une variation de faciès au cours du Dogger et de Lias.

II.3.2.2.1. Le Lias

a) Le lias inférieur

Il n'est connu que dans la région de Sidi El Abed, où il est formé par des calcaires dolomitiques gris contenant des brachiopodes, les dépôts mesurent quelque 65 à 70 m (d'après SONAREM, 1979).

b) Le Lias moyen (Carixien–Domerien)

Il se distingue par une alternance de calcaire et de dolomie cristalline. A la partie Est du Horst, on trouve un calcaire fin à lamellibranche surmonté d'un calcaire spathique à brachiopode. La base de cette série est caractérisée par la présence de lits de calcaires riches en petits galets du Primaire. A l'Ouest, le Domerien est observable grâce aux failles de l'Est.

Il est représenté par un calcaire à débris d'Echinodermes et à Brachiopodes souvent dolomités, recouvert par une dolomie cristalline.

C) Le Lias supérieur (Le Toarcien)

C'est la base de la coupe est caractérisée par des formations marno-calcaires à brachiopode et passe à des calcaires argileux riches en ammonites à l'Ouest. Au sommet, il se compose de dolomies.

C'est précisément aux calcaires dolomités et aux dolomies du Lias supérieur, que sont liés les minerais plombo-zincifères d'El Abed, Boubker, Touissit, et Deglen. La puissance des terrains liasiques supérieurs va de quelque dizaine de mètres (région d'El Abed) à quelque 120m au gisement de Deglen (d'après SONAREM 1978-1979).

II.3.2.2.2. Le Dogger :

a) L'Aaléno-Bajocien inférieur-moyen

D'après G. Lucas (1942), des courants très violents ont balayé le horst, l'Aalénien est en relief, empêchant ainsi, les dépôts de se fixer. Au voisinage du horst (Béni Bahdel), l'Aalénien est représenté par des bancs calcaires durs à voiles siliceux alors que le Bajocien est un calcaire plus argileux (Lucas, 1952).

a) Le Bajocien supérieur

A l'Est du horst deux parties sont distinguées : L'une orientale marneuse à Ammonites pyriteuses, l'autre occidentale calcaire à Oolithes ferrugineuses ou placages ferrugineux reposant indifféremment sur le Toarcien ou sur le Carixien, ou directement sur le socle.

b) Le Bathonien

Dans la partie Est du horst, le Bathonien est représenté par des calcaires micro-gréseux (Lucas 1942), alors que la partie Ouest présente des calcaires à Oolithes ferrugineux avec un ciment très hématitisé (Lucas, 1952).

II.3.2.2.3. Le Malm :

Il est représenté par des formations suivantes :

a) Le Callovo-Oxfordien

Il est représenté par trois faciès :

- Des grés en gros bancs dans la zone des horsts occidentaux avec des épaisseurs variant entre 150 à 200 mètres.
- Des intercalations argilo-gréseuses dans le horst de Ghar Roubane avec une épaisseur de 350 mètres.
- A Beni Bahdel, il est formé par des argiles peu gréseuses dites argiles de Saida de faible épaisseur ; Associé par endroit, a des faciès ferrugineux, oolithiques ou bréchoïdes

b) Lusitanien

Il a été complètement érodé, et n'est présent que dans les zones tectoniquement abaissées. Les formations sont des grés avec des intercalations argileuses, dolomitiques et calcaires à Polypiers, Brachiopodes, Lamellibranche et Echinoderme.

c) Le Kimméridgien-Portlandien

Ce sont des dolomies massives, finement grenues à intercalation de calcaires sublithographiques, et des calcaires argileux. Le Portlandien, est caractérisé par une série de calcaires sublithographiques, rarement oolithiques ou pseudo oolithiques riches en stylolithes. Elles constituent les hautes falaises de Deglene et Khemis (1200m). G. Lucas, (1952) a résumé la série stratigraphique du Horst de Ghar Roubane sous forme d'un log synthétique.

Sys	Sous systèmes	Etages	Colonne lithologique	Formations lithologiques	Fossiles	Roches magmatique	Ph
Jurassique	Malm	Kimmeridgien		Grès à intercalation d'argile			
		Callovo-Oxfordien		Argiles de Saida	Ammonites		
	Dogger	Bathonien		Calcaire microgreseu	Concellophycus		
		Bajocien		Calcaire à Oolites	Ammonites		
	Lias	Toarcien		Calcaire de bélaïche			
		Domerien		Calcaire spathique	Rostres de Bélemnites		
		Carixien		Calcaire in Zailou	Oolites, Encolithes		
Tris			Marnes gypsifères				
Crbonifère	Sup	Westphalien	Schistes et grès roux				Phase Hercynienne
			Poudingues				
	Schistes et grès marin						
Moy	Namurien	Schistes et grès marin					
Inf	Viseen	Tufs, microbrèches					
		Schistes quartzites à lit de calcaire					
Dévonien			Schistes et microbrèches				Phase calédonienne
			Calcaire récifal	Algues, Brachiopodes, brayozoaires, Gastéropodes, Trilobites, Polypiers			
			Grès à graviers de phtanite				
Silurien			Schistes, quartzites et phtanite à graptolite	Graptolites			
			Schistes et quartzites				

Figure 11: log synthétique du horst de Ghar Roubane (G. Lucas, 1942).

II.4. Paléogéographie

Dés 1942, G. Lucas établira les bases de la paléogéographie des bordures septentrionales des hautes plaines dans l'Algérie occidentale plus particulièrement les monts de Ghar Roubane et Sidi El Abed. Pour Elmi (1973-1976-1978) le domaine tlemcenien est un domaine de transition entre les futures zones alpines externes et l'avant-pays africain. Dans les monts de Ghar Roubane et Sidi El Abed deux ensembles structuraux sont individualisés :

a) Le Paléozoïque :

Constitué essentiellement de formations sédimentaires et volcaniques, plissées métamorphisées et recoupées par des venues magmatiques. La tectonique hercynienne a généré des accidents Nord-Est, Sud-Ouest, qui sont à l'origine des structures de ce domaine, à la fin du Paléozoïque, ces terrains sont soumis à une érosion intense et sont pénéplainés.

b) Le Mésozoïque :

Où des terrains essentiellement jurassiques, se sont déposés en discordance (angulaire) sur un socle métamorphisé, rubané et arasé, se sont des dépôts marins dont l'épaisseur et le régime ont été fortement influencés par la tectonique.

A partir du Trias se distinguent déjà des zones lagunaires et des zones promontoires où le socle n'a pas subi une pénéplanation complète et certains de ces reliefs ont persistés.

Une transgression commence au Domerien-Carixien et se généralise au Toarcien, les eaux envahissent les monts de Ghar Roubane. Seules quelques zones surélevées subsistent ; le seuil de Fernane en est l'exemple.

Ces dernières ne sont immergées qu'à l'Aalénien-Bajocien où le milieu s'approfondit.

Une régression au Callovo-Oxfordien débutera par les horsts occidentaux, où les dépôts sont néritiques, et atteindra les horsts orientaux, avec un milieu de dépôt fluviomarín.

Cette régression continuera jusqu'au Lusitanien avec l'installation d'une plaine alluviale, des fluctuations du niveau de l'eau et formation de marécages.

Une forte subsidence reprend au Kimméridgien- Portlandien avec un arrêt de l'activité tectonique. La plaine de Maghnia s'abaisse au dessous du niveau marin au Miocène. Dans son état actuel, la région est caractérisée par une inversion de relief très généralisée, sauf en ce qui concerne la plaine de Maghnia.

II.5.Tectonique

Les Monts de Ghar Roubane et les reliefs qui les relient vers l'Est (mont de Tlemcen, de Daïa, de Saida et de Frenda), forment une longue barrière orographique orientée SW-NE (fig12). Par ailleurs ils forment un ensemble complexe de plateaux et de zones subsidentes séparées par des zones faillées et tectonisées, le tout est recoupé par des décrochements transversaux.

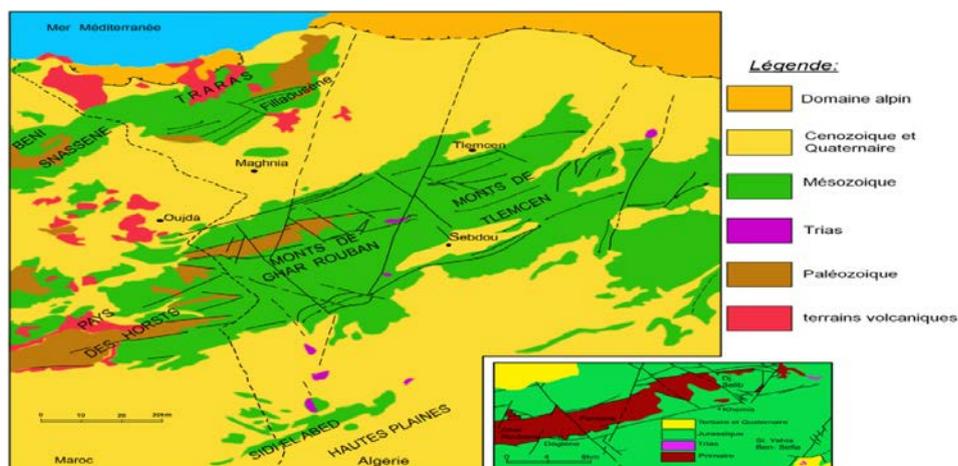


Figure 12 : Carte structurale schématique des Monts de Ghar-Roubane et des régions voisines (S. Elmi, 1988) .

Les monts de Ghar Roubane ont hérité leur complexité actuelle après de mouvements épirogéniques pendant le Lias et le Dogger à partir des structures hercyniennes d'une succession de horst et grabens (fig 12) localisée le long de la frontière algéro-marocaine. Du sud au nord, G. Lucas (1942) définit les régions suivantes :

- Une zone affaissée par gradins étagés dans le Sidi Abed.
- Une zone soulevée : la plaine de Magoura.
- Une zone synclinale : chaînons de Koudiat El Debar.
- Une zone anticlinale : les horsts occidentaux, Tounzait et plaine de Sebdou.
- Une zone synclinale : Ras Asfour.
- Une zone anticlinale : horst de Ghar Roubane et béni Bahdel.
- Une zone synclinale : les monts du Kef.
- L'anticlinale de Djebel El Hamra.
- Pli de Tenouchfi.

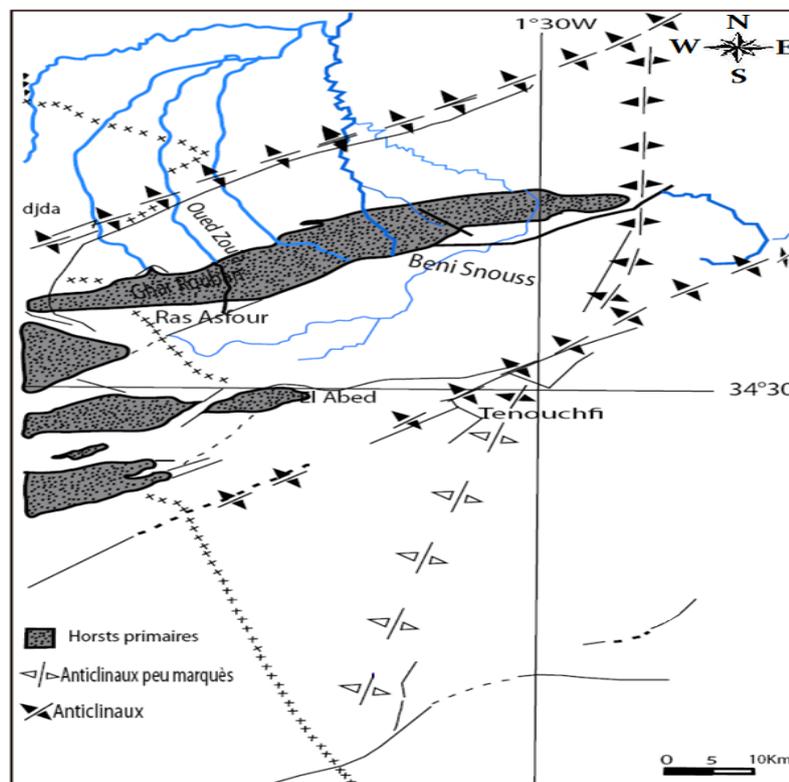


Figure 13 : Schéma structural simplifié de la région de Ghar Roubane (LUCAS, 19) modifiée par Labchri.D 2011

II .5.1. Types de déformations

La tectonique est due aux différents jeux d'un matériel dur et résistant d'une part, et d'un matériel plus souple et moins cassant donnant naissance à des failles et des plis d'autre part, suivant le type rhéologique.

Tectonique souple :

Les monts de Ghar Roubane sont formés de trois pliskilométriques :

- Le pli de Kouidiat Ezzerga de direction $N55^\circ$ qui se prolonge jusqu'au Nord-Ouest de Tlemcen.
- Le pli de Tenouchfi de direction $N55^\circ$ qui se prolonge à l'Est de Tlemcen.
- Le pli croiseur des Béni Bahdel de $N15^\circ$.

G. Lucas (1952) a considéré la direction $N15^\circ$ comme un accident dû au refoulement de couches vers l'extérieur au cours de la montée verticale du socle profond.

Tectonique cassante :

Les failles qui délimitent les horsts, sont de directions bien déterminées, oscillant avec des écarts assez faibles de part et d'autres des orientations suivantes :

- $N20^\circ$: Ce sont des décrochements sénestres à pendage fort.
- $N85^\circ$: Beaucoup de grandes failles bordières des horsts à pendage très fort 70° 90° .
- $N55^\circ$: Certaines failles verticales concourent avec les précédentes pour limiter les horsts.
- $N110^\circ$ à 140° : Ce sont des décrochements dextres à pendages très fort.

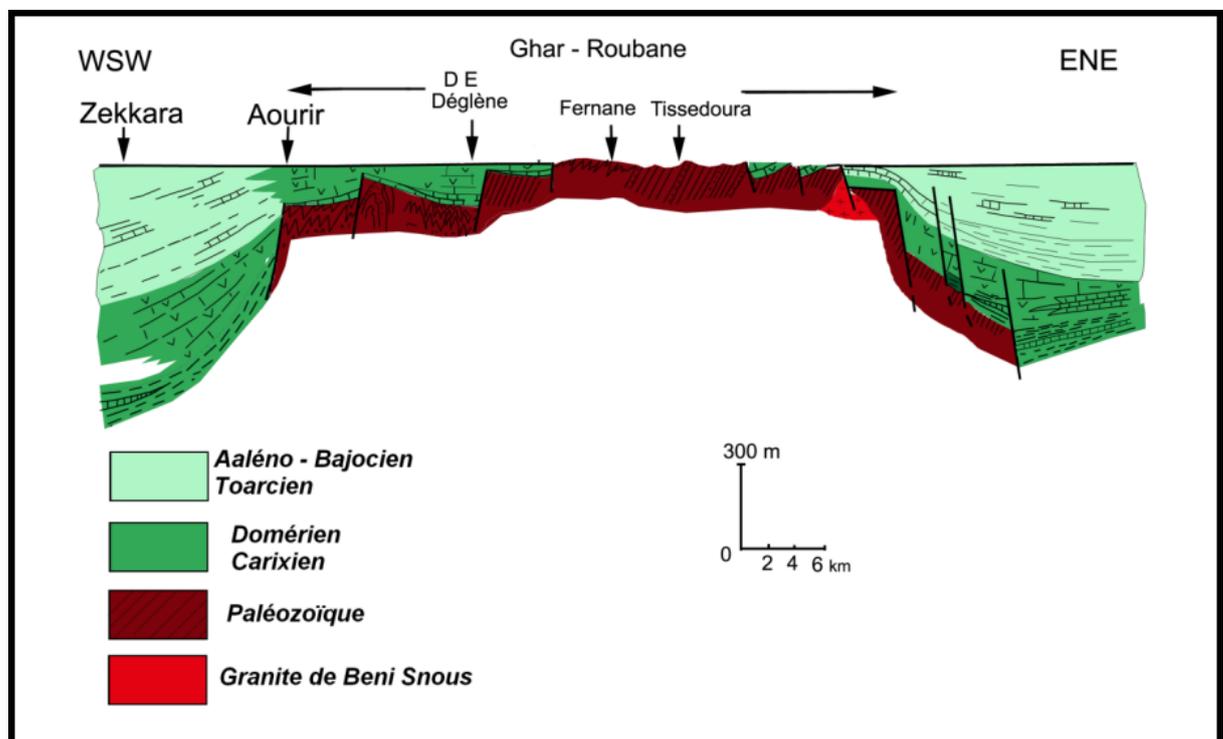


Figure 14 : Coupe montrant la structuration générale des Monts de Ghar Roubane (S. Elmi, 1988).

II.6. Géologie régionale

L'aspect géologique de la région de Ghar Roubane est caractérisé par la présence des indices et gisements plombo-zincifères dont l'importance est parfois d'ordre mondiale tel que le gisement de Touissit-Boubkeur au Maroc et celui d'El Abed en Algérie (fig 15). Selon le caractère morphologique et structural, on distingue deux groupes de gisements :

II.6.1. Les gisements de cassures encaissés dans le socle :

Ce sont des gisements connus dans le Primaire de Ghar Roubane, ils ont leurs analogues dans Djebel Mekam, au sud-ouest de Berguent, et dans la mine de charbon de Djérada.

Les filons suivent des dykes de basalte propylitisés, orientés N110° et N135°, avec une grande prédominance de la direction N110°.

La gangue est essentiellement quartzeuse ; souvent, on rencontre de la barytine dans la partie supérieure des filons ; la minéralisation consiste essentiellement en galène et parfois en chalcopryrite et en sphalérite, de texture massive, disséminée et bréchique.

II.6.1. Les gisements associés aux dolomies liasiques :

Ce sont les minéralisations les plus nombreuses, elles sont encaissées dans les dolomies du Lias moyen ou supérieur, elles ont une plus grande extension géographique. Elles constituent la majorité de la chaîne des horsts, qui comprennent les gîtes de Touissit, Boubeker, Mekta, et Bediane, au Maroc, El Abed et de Deglene Est, en Algérie, totalisant un peu plus de 4 MT.

La gangue est exclusivement dolomitique, la minéralisation se présente en poches diffuses ou en lentilles, généralement localisées près des grandes cassures et souvent sur de petites fractures. L'association minérale est composée essentiellement, de galène et de sphalérite. Les textures peuvent être massive, rubanées et souvent bréchique,

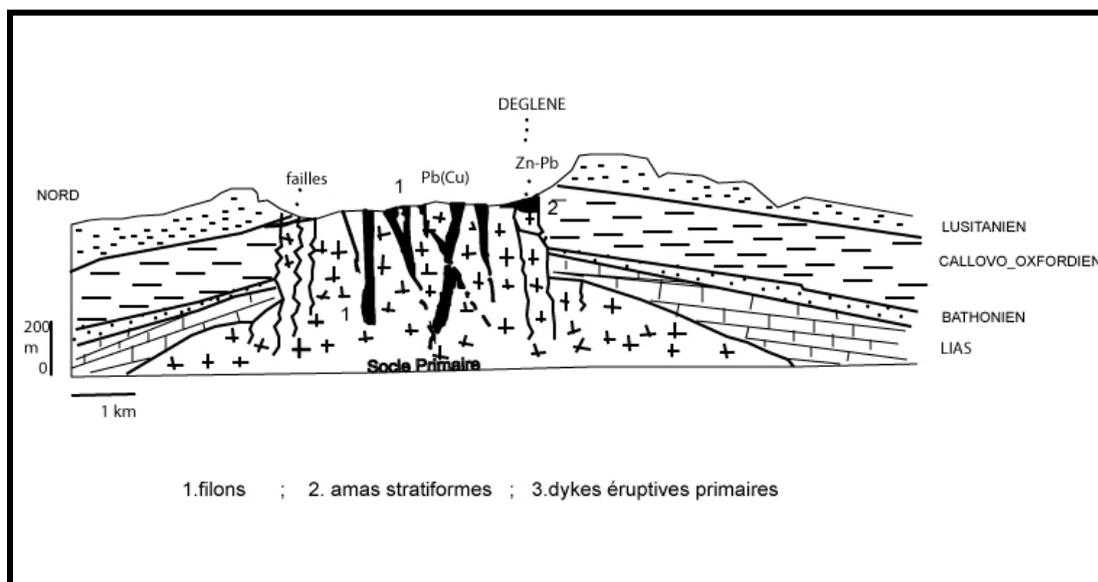


Figure 15 : coupe géologique localisant les différentes minéralisations et leurs formes (G. Lucas ; 1942).

II.7. Conclusion

De la synthèse géologique, paléogéographique et tectonique, nous retiendrons les traits majeurs suivants :

Au Paléozoïque

Une phase tectonique compressive est à l'origine des structures tectoniques, elle est apportée à l'Anté-Viséen.

La mise en place du granite de Béni Snous s'est effectuée à la fin du Carbonifère. La fin du Paléozoïque est marquée par une forte érosion des reliefs, conduisant à une pénéplanation de la région.

Au Mésozoïque

La couverture mésozoïque discordante sur le socle ; débute par le Trias ce qui a été reconnu grâce aux sondages à El Abed où au Djebel Aourir au NW de Ghar Roubane. Le Jurassique quant à lui il est bien représenté à Ghar Roubane, il va du Jurassique inférieur (Carixien) au Jurassique supérieur (Portlandien), suivit de dépôts du Quaternaire. Du point de vue lithologique et pétrographique, la série dolomitique montre une régression générale, et une émergence de la plate forme, d'où la variation d'épaisseur de la série jurassique.

La tectonique globale est divergente. Elle est marquée par les mouvements épirogéniques du Lias et Dogger. On distingue deux zones :

- Au Nord, une zone paléo-géographiquement relevée c'est les horsts, et l'autre paléo-géographiquement abaissée c'est la zone d'Oujda-Sebdou.
- Au Sud une région très peu ondulée, faillée dans le Sud de Sidi El Abed.

Les déformations qui résultent de cette tectonique sont de deux types :

- Une déformation souple qui a structuré la morphologie globale des monts de Ghar Roubane en plis kilométriques.
- Une déformation cassante, matérialisée par des failles qui bordent les horsts.

La métallogénie de Ghar Roubane se caractérise, par des indices et gisements à Pb-Zn-Cu-Ba, encaissés dans le socle et le Permo-Trias, et des gisements associés aux dolomies liasiques.

CHAPITRE III
GEOLOGIE DE LA RÉGION
D'ÉTUDE

III.1. Introduction

Le gisement de Pb-Zn d'El Abed fait partie des monts de Ghar Roubane qui se situent au Nord- Ouest de l'Algérie.

Le district minier d'El Abed, tout comme l'ensemble de la région (monts de Ghar Roubane et de Sidi El Abed) comprend deux ensembles structuraux.

- Un ensemble inférieur constitué de terrains paléozoïques (formations sédimentaires et volcaniques plissées, métamorphisées et recoupées par des venues magmatiques).
- Un ensemble supérieur formé de dépôts mésozoïques (essentiellement jurassiques) fortement influencés par la tectonique.

Les terrains affleurant dans la région d'El Abed vont du Callovien au Kimméridgien (figure 16) :

Les «argiles de Saida» du Callovien.

Les« grés de Boumediene » de l'Oxfordien.

Les «dolomies de Tlemcen » du Kimméridgien.

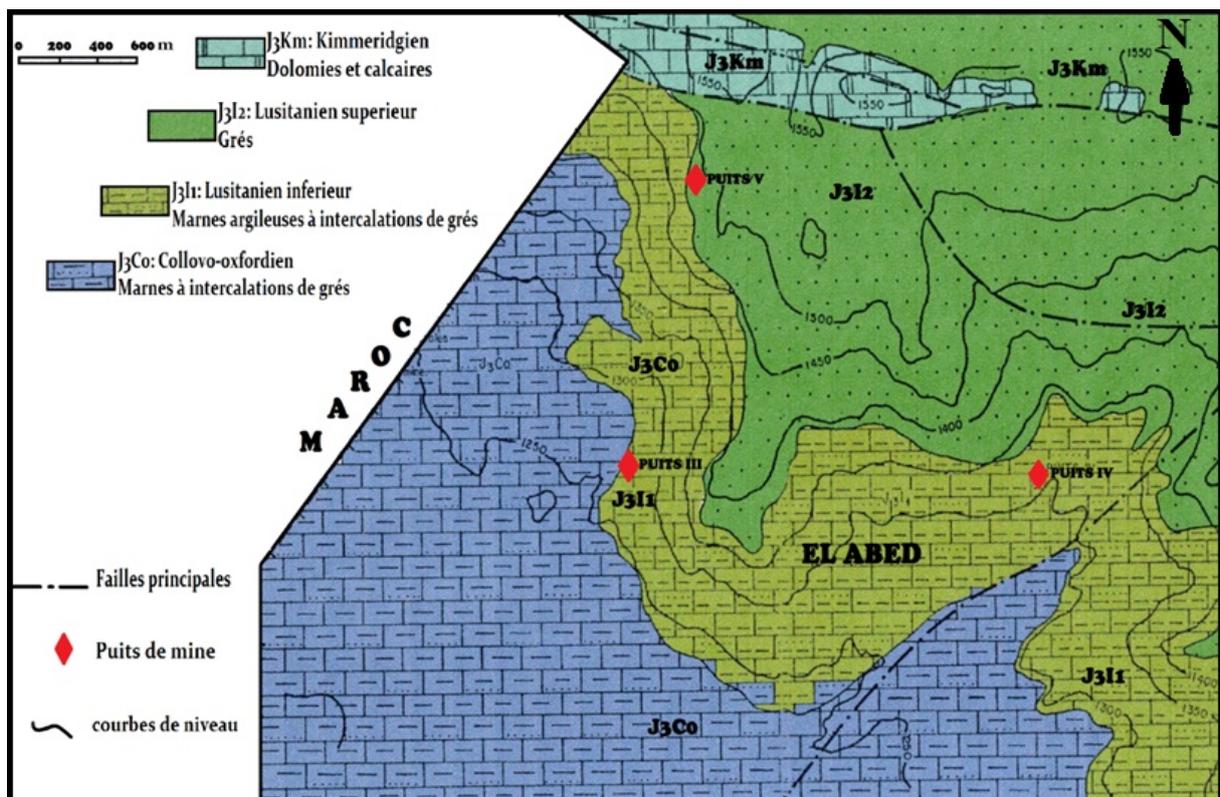


Figure16: Carte géologique de secteur minier d'El Abed ZAGOSKINE (1972) , Doc. SONAREM.

III.2. Lithostratigraphie**III.2.1. Le Paléozoïque**

Le Paléozoïque est connu par les travaux miniers et forages dans la mine d'El Abed ainsi que grâce au jeu des failles majeures qui le font remonter.

A l'échelle régionale, ce substratum comprend des formations métamorphiques, sédimentaires et volcaniques plissées, des complexes éruptifs et des formations filoniennes. Ainsi il consiste en des schistes argileux indiquant des alternances de lits millimétriques d'argiles riches en séricite et de lits verdâtres de séricite pigmentés en oxyde de fer.

III.2.2. Le Mésozoïque

Il est formé par les dépôts du Trias et les dolomies du Lias et du Dogger ; auxquelles sont associées les minéralisations Plombo-Zincifères stratiformes et karstiques.

III.2.2.1. Le Trias :

Le Trias comprend des conglomérats et des argiles rouges lenticulaires qui remplissent souvent les creux de la surface d'érosion Supra-paléozoïque (fig 17).



Figure 17 : Photo montrant les argiles rouges Supra-socle.

III.2.2.2. Le Jurassique inférieur et moyen :

Le Jurassique inférieur et moyen, débute par un conglomérat argileux suivi de dolosparites supratidales rubéfiées. Cet ensemble est recouvert en discordance de ravinement par des dolosparites grises à intercalations de laminites.

Une seconde formation dolomitique transgressive sur la précédente est constituée de dolomites grises plus grossières séparées par des intercalations argileuses noires. Etant donné que les minéralisations d'El Abed sont encaissées dans les dolomies de l'Aaléno-Bajocien, nous développerons la description de l'encaissant. En effet on distingue trois unités dans l'Aaléno-Bajocien à savoir l'unité I, l'unité II et l'unité III.

III.2.2.2.1. Unité I :

Cette unité correspond à un matériel argileux rouge, bréchié à la base, remaniant des éléments anguleux de dolomicrites (fig18).

Au microscope, ce sont des dolomicrites brunâtres, apparaissant sous forme de punctuations rouges, associés à des nodules de silice, de l'opale, de la matière organique, de l'hématite et des sulfures.



Figure18: Photo montrant la dolomie grise de l'unité I. (Labchri.2011).

III.2.2.2. Unité II :

Il s'agit de grands bancs de dolomies grises à tests de gastéropodes qui sont appelées aussi dolosparites. Dans cette série les dolosparites sont intercalées de laminites (fig 19).

Au microscope, c'est une dolomie cryptocristalline à microcristalline avec des cristaux xénomorphes à subautomorphes, à fantômes d'oolithe et dissémination de pyrite, sphalérite, galène.

Les dolomites qui suivent sont des dolosparites plus grossières avec des intercalations d'argiles riches en matière organique.

Au microscope, c'est une variété à grains moyens à grossiers, ils sont automorphes rhomboédriques à saccharoïdes avec bioclastes épigénisés.

Cependant, on remarque dans ces bancs que la dolomite grise diagénétique est recoupée par la dolomite blanche épigénétique de texture zébrée ; puis elle change de couleur et devient beige friable. Ce processus indique qu'elles ont été soumises à une altération par les eaux qui sont à l'origine des karsts.



Figure 19 : Photo montrant la dolomie grise de l'unité II, (Labchri. 2011).

II.2.2.2.3. Unité III :

Les dolomies encaissant les karsts sont variées aussi bien dans leurs stratonémie (épaisseur des bancs) que dans leurs faciès. Les dolomies sont homogènes à grains moyens équigranulaires et parcourues par des dolomites blanches zébrées et épigénétiques (fig 20).

Les karsts se développent soit au sein d'un seul banc quand celui-ci est massif ou chevauchent sur l'épaisseur de plusieurs bancs.



Figure 20: Photo montrant une cavité karstique de petite dimension, (Chaa.H. 2010).

III.2.2.2.4. Le Bathonien :

Comprend des lentilles de calcaires oolithiques ferrugineux. il a été recoupé en forage sous la limite inférieure du Callovien.

III.2.2.2.5. Le Callovien :

Il est représenté par les marnes grises et argiles .

III.2.2.3. Le Jurassique supérieur :

Comprend le Lusitanien qui est constitué par les grès de Boumediene avec une épaisseur de 350 à 400 m et le Kimméridgien qui est marqué par des dépôts calcaires et de dolomies, avec une épaisseur de 70 m dans la partie NW du gisement.

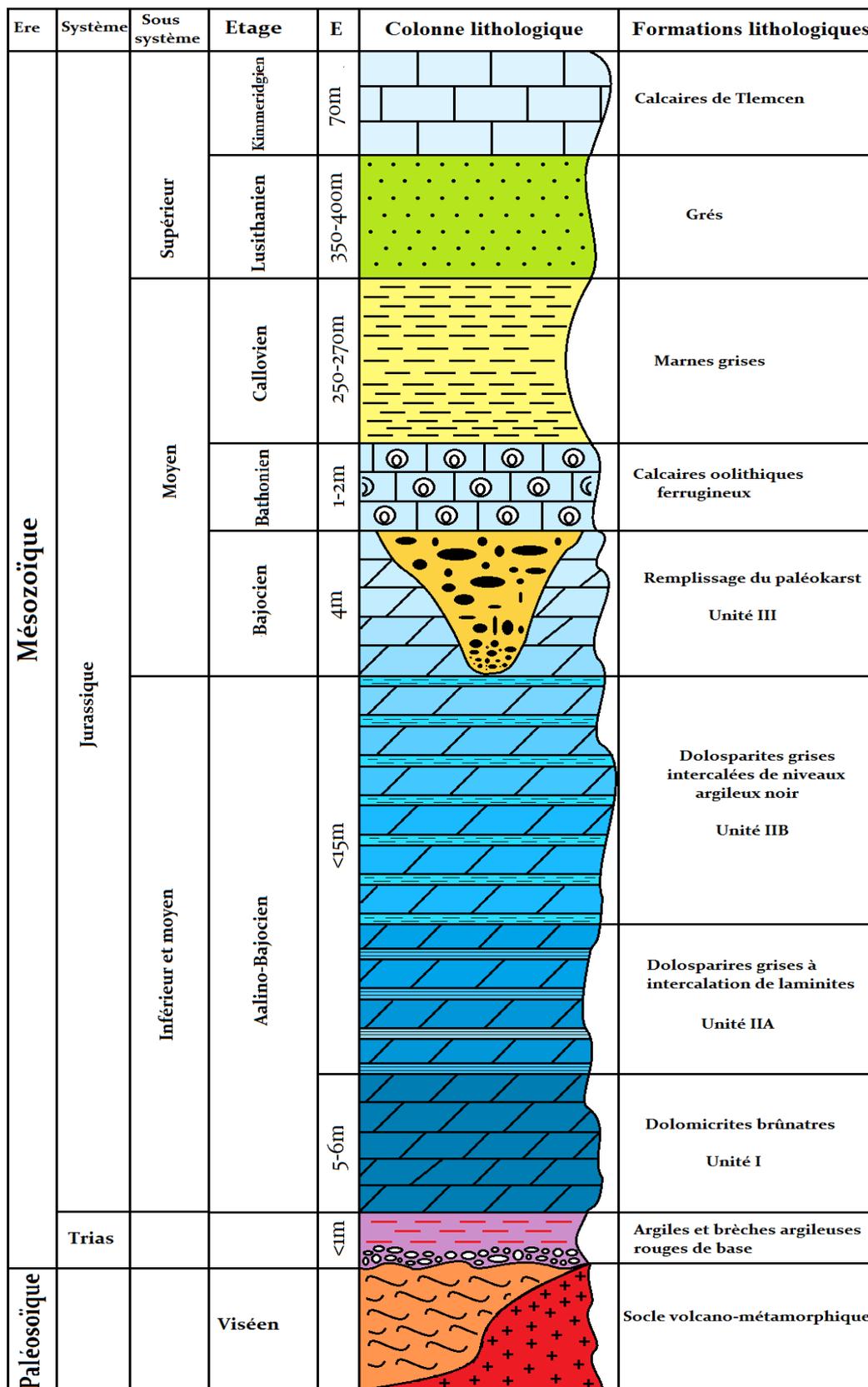


Figure 21: Log stratigraphique d'El Abed, compilation de DAOUADJI et BOUDJADJA (2002).

III.3. La paléogéographie

L'histoire géologique de la région est marquée par la transgression marine méso-liasique, qui envahit le Sidi El Abed et la zone d'Oujda. Elle se révèle souvent par un conglomérat rouge rappelant le Permien. Cette transgression générale a d'ailleurs été suivie d'un long séjour de la mer durant toute la période du Jurassique. Selon les travaux de (Akkouche. M, 2007).

Au Paléozoïque

La série paléozoïque a subi un abaissement dont les affleurements de terrain sont composées de schistes, matériel éruptif avec des quartzites plus au moins métamorphiques .

Au Mésozoïque

Le trias est marqué par la transgression mésogéenne ,qui s'est effectuée d'Est en Ouest et a amené le dépôt de faciès des grès pélitiques rouges autour des zones émergées qui sont soumises à une altération de type rubéfiante et à une érosion continentale. En position externe se sont déposées des formations salifères et gypsifères associées à des argiles violacées BHEROUA (2007).

Le Jurassique est marqué par le rift océanique de l'océan Alpin, caractérisé par une tectonique distensive de blocs basculés (horst et graben) , et le développement de la marge passive Africaine.

Le Lias est caractérisé par des accumulations de calcaires et dolomies, D'âge Jurassique inférieur –moyen et des calcaires marneux réglés, avec des intercalations lits de marnes, à Faune toarcienne.

Selon Elmi (1970) in Touahri (1983) :

Le Carixien-Domerien est marqué par une transgression directe sur le primaire. Les Horsts sont restés presque entièrement émergés avec des dépôts Sub- récifaux. Dans les dépressions subsidentes se développent une plate forme carbonatée intertidale peu profonde et isolée.

Au Toarcien le milieu de dépôt reste toujours peu profond (intertidal), et la subsidence est faible.

A l'Aaléno-Bajocien, le milieu est plus néritique, les calcaires à oolites indiquent un haut fond sous une tranche d'eau importante, les courants empêchent le dépôt de sédiments.

La transgression apparente bathonienne est caractérisée par une lacune sédimentaire.

Le Callovo-Oxfordien correspond à une époque de réduction générale de la profondeur avec dépôt de flysch.

Le Lusitanien correspond également à une époque où la profondeur du milieu est très faible avec un apport considérable de matériels détritiques qui sont des dépôts fluviomarins.

Au Kimméridgien, la subsidence était forte et la profondeur de la mer très faible).

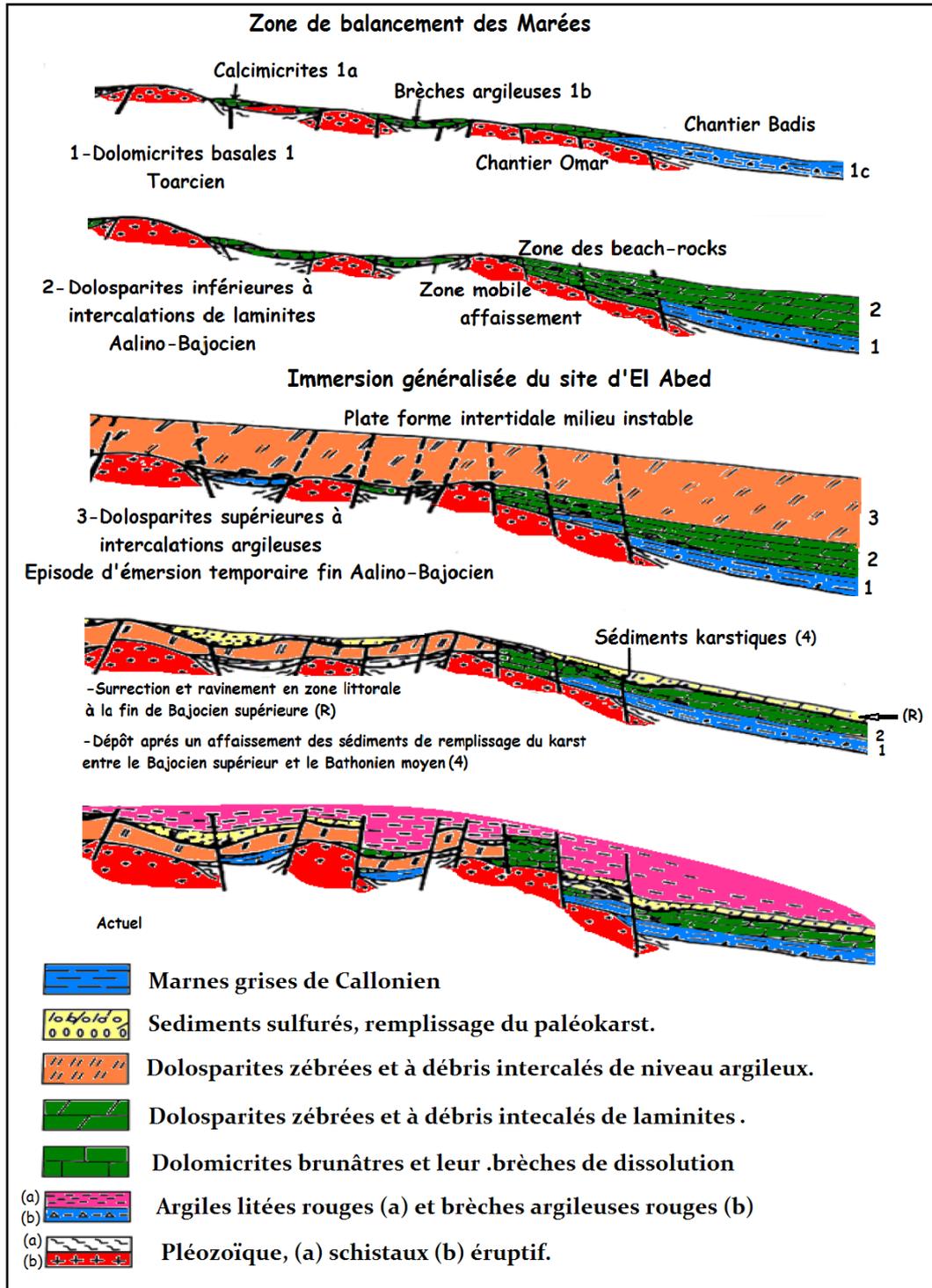


Figure 22 : Etapes d'évolutions paléogéographique d'El Abed (TOUAHRI, 1983) modifié .

III.4. Tectonique générale d'El Abed

La région d'El Abed est structurée en horst et graben. Le socle paléozoïque de cette dernière est déformé par l'orogénèse hercynienne et une couverture méso-cénozoïque restée quasi horizontale (fig 23).

III .4.1.Le socle paléozoïque et l'orogénèse hercynienne :

Elle est marquée pendant le Carbonifère, et subdivisée en plusieurs phases qui représentent plutôt des paroxysmes de déformation dans un processus de raccourcissement continu.

La phase majeure est observée dans l'ensemble du domaine mésétien. La direction de raccourcissement est orientée NW-SE, les structures sont des plis synschisteux de direction NNE-SSW à ENE-WSW associés à un métamorphisme régional de faible degré. Les déformations hercyniennes sont de faible intensité (plis ouverts).

Des granitoïdes se mettent en place sous forme de petits massifs circonscrits en développant un métamorphisme thermique. Leurs âges isotopiques varient entre 320 et 280 Ma selon les massifs. Ces plutons granitiques se sont donc mis en place tout au long de l'orogénèse hercynienne depuis le Viséen supérieur jusqu'au Permien.

III .4.2.La couverture mésozoïque :

La tectonique prédominante est de type cassant, affectant la couverture. Elle se résume en deux directions majeures :

- La direction NNE –SSW (N70°-N 80°) distension du Trias, caractérisée par :
 - Des failles bordières des horsts.
 - Un allongement des corps minéralisés.
- La direction NW-SE (N130°) distension du Jurassique moyen-supérieur, caractérisée par :
 - La structuration en blocs .
 - Un contrôle de certains corps minéralisés.

Cette tectonique a morcelé la couverture mésozoïque, aboutissant à la formation de horst et graben ; généralement, les failles sont normales avec des rejets qui varient, les failles inverses sont rares et ont été déduites grâce aux sondages ; il s'agit probablement de fractures de réajustement ou des inversions de bassins (Vially, 1994).

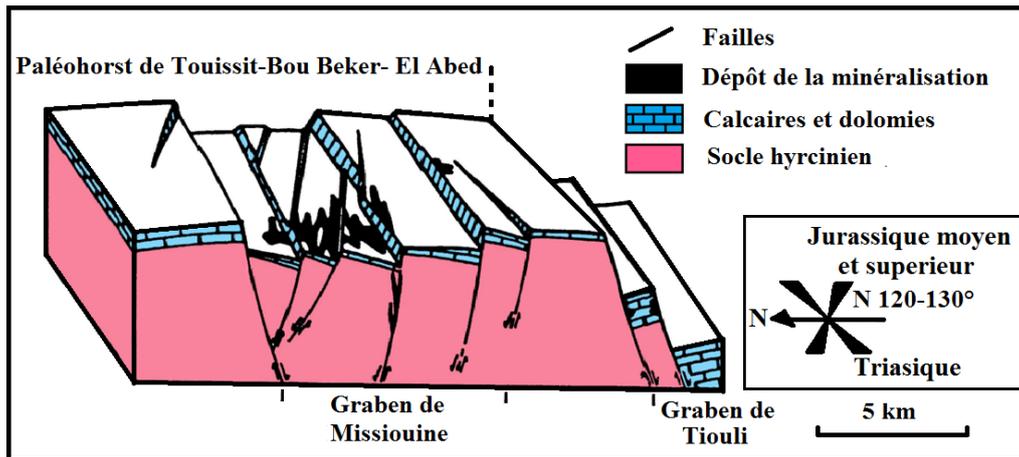


Figure 23: Position des corps minéralisés par rapport aux accidents tectoniques de Touissit-Boubeker et El Abed d'après (Makhoukhi et Al, 1993).

III.4.3. Tectonique du gisement

La tectonique du gisement d'El Abed s'inscrit dans le schéma d'ensemble des monts de Ghar Roubane. L'organisation structurale actuelle résulte des mouvements du Mésozoïque et du Tertiaire (fig 24 et 25).

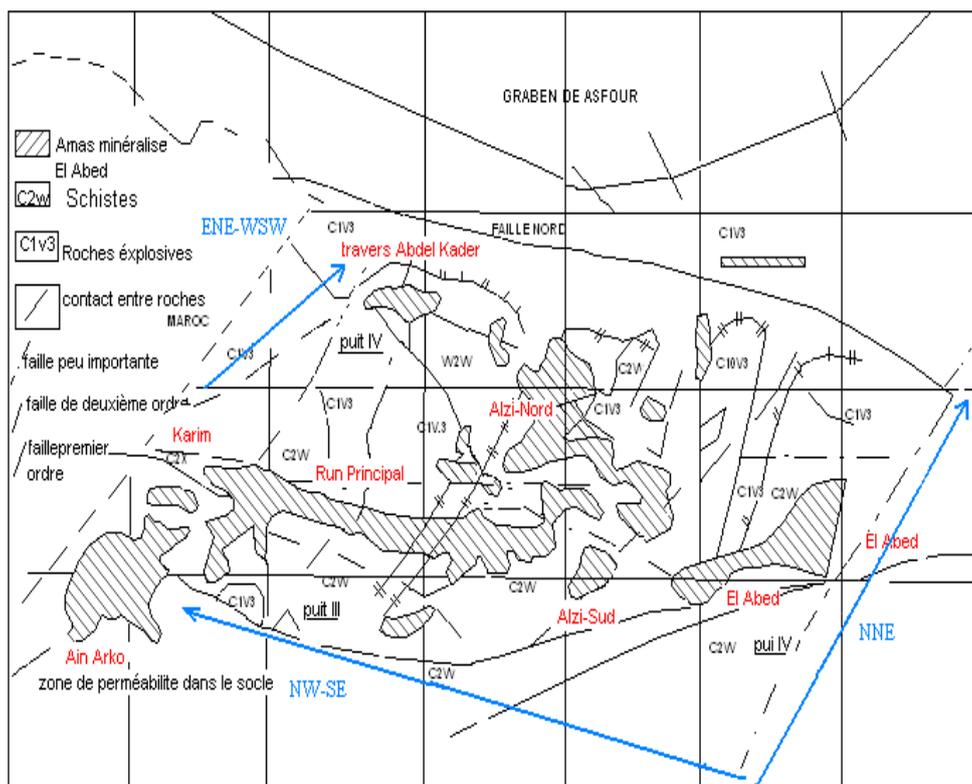


Figure 24: Schéma structural du gisement d'El Abed (Zagoskine, EREM inédit ,1972, modifiée par labchri ,2011) .

III.4.3.1. Tectonique anté-callovienne :

Elle est cicatrisée par l'Unité III, Un remplissage du paléokarst. Elle a influé la répartition des types de dépôts de l'unité II, en contrôlant la répartition des couloirs de karstification (Run et Dolines), et a été réactivée par les mouvements post-callovien.

-Les zones de failles principales sont :

-Est-Ouest du Run principal qui est le prolongement Est de la faille Sud du horst de Boubekour. Vers l'Ouest, elle traverse le quartier Alzi et le quartier El-Abed.

-NNE-SSW du Run Badis et qui passe à Ain-Arko-Nord.

-NE-SW du Run El-Abed.

-NW-SE d'Ain Arko Nord au Flanc Sud-Est de Badis où nous supposons l'existence d'un Run qui se prolonge au Sud-Est de la zone des brèches de Beach/rocks.

-NW-SW du chantier Karim au Run principal dans la zone du puits n°3.

-Une série d'accidents NW-SE et NE-SW qui se croisent sur la faille du Run principal dans le quartier Alzi et qui délimitent la partie Est de la zone métallifère Nord de la partie Ouest qui ne sera immergée que pour le dépôt de l'unité IIB.

-A leurs flancs, toutes ces failles sont accompagnées d'une importante fracturation qui guide d'une part la distribution de la dolomitisation blanche sécante épigénétique liée à l'émersion terminale et d'autre part le développement de la karstification.

III.4.3.2. Tectonique Post-callovienne

Elle reprend les anciennes directions hercyniennes et ne se superpose pas toujours à la précédente.

Les principales failles :

-Au Nord, deux failles pratiquement parallèles à la bordure Nord du Tounzaït constituent la limite vers le graben de Ras Asfour.

-Au centre du gisement, une zone de failles parallèles au Run principal, elle correspond au rejeu Alpin, de la bordure Sud des hauts fonds de Boubekour et El-Abed.

-Une zone de failles au Sud du gisement dont la direction est NE-SW, elle correspond à la bordure Sud, actuellement NE-SW, du horst de Mendjel El Akehal.

-Une faille NW qui s'infléchit vers le Sud Est affaisse la partie NE du gisement de la partie Ouest. C'est là que passerait le décrochement des Beni boussaïd (S.Elmi, 1977 – M.Benest, C.Dubel, S.Elmi 1978). Ce secteur correspond à une zone mobile qui a joué, dans l'engorgement progressif de la partie orientale du Haut fond de Tounzaït, pendant le Lias et le Dogger.

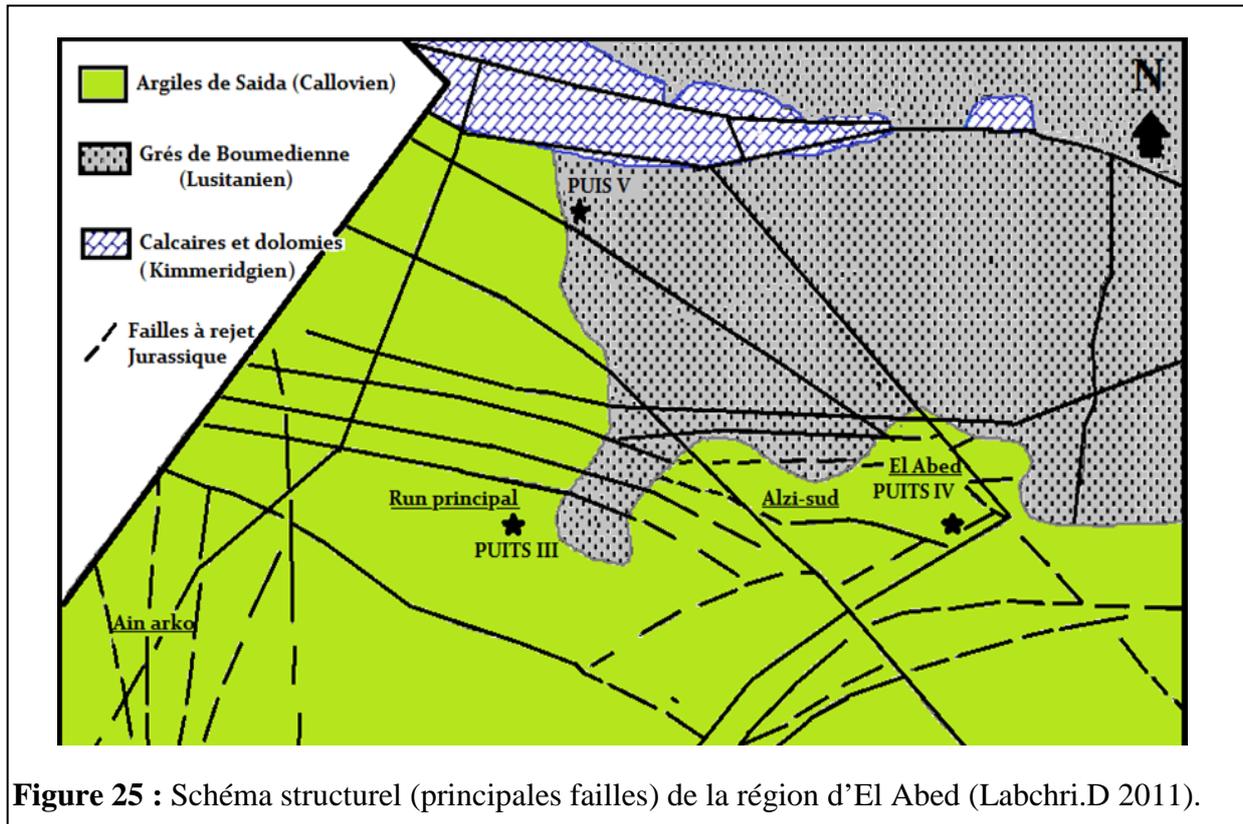


Figure 25 : Schéma structurel (principales failles) de la région d'El Abed (Labchri.D 2011).

III.6.Conclusion

Le secteur étudié s'installe aux confins Algéro-Marocains, fait partie des monts de Ghar Roubane .Il est composé essentiellement de deux ensembles distincts :

Le socle Paléozoïque représenté par des roches magmatiques, filoniennes et des roches métamorphiques essentiellement des schistes et quartzites.

La couverture Mésozoïque : reconnue par le Trias et le Jurassique. Le Trias représenté par des conglomérats et argiles rouges lenticulaires et le Jurassique inférieur et moyen indiqué par divers faciès dolomitiques à différentes puissances.

Du point de vue tectonique le secteur d'El-Abed fait partie d'un système des horsts et des Grabens.Il est caractérisé par :

- Le horst de Chebket El-Hamra.
- Le graben de Touissit.
- Les horsts de Boubekour et du Bin El Groum.
- Le graben de Missiouine.
- Le horst du Mendjel El Akehal.

L'étude pétrographique de l'encaissant des minéralisations d'El Abed montre que les dolomites sont très variées. Ainsi on rencontre des dolomites de différentes générations.La minéralisation associée aux strates dolomitiques, elle remplit les espaces inter-granulaires des dolomites digénétiques et les dolomites épigénétiques et elles montrent un polyphasage dans leur mode de mise en place.

CHAPITRE IV
MINÉRALISATION

IV. Introduction

La région d'El-Abed renferme le gisement Plombo-zincifère de type «Vallée de Mississippi» (MVT) dont il est le prolongement oriental d'une importante couche minéralisée située au Maroc, ce qui fait de lui une partie du district minier de Touissit -Boubekeur -El-Abed.

La minéralisation à Pb-Zn d'El Abed est subdivisée en deux types selon les différents auteurs (TOUAHRI, 1983 ; BOUTALEB, 2003) :

-Une minéralisation en stratabound localisée dans les dolomies aléno-bajociennes. Elle se rencontre fréquemment en bandes stratiformes irrégulières et discontinues liée aux zones de dissolutions, recristallisations et fracturations.

-Une minéralisation liée aux sédiments internes détritiques du remplissage karstique et essentiellement zincifère et pyriteuse.

IV.1. Etude de l'encaissant

Les minéralisations d'El Abed sont strictement associées aux niveaux calcaires et calcaires gréseux à bioclastes fortement dolomités de L'Aaléno-Bajocien. La dolomitisation irrégulière, présente une extension importante, (Environ 60m d'épaisseur), remplaçant totalement les calcarénites bioclastiques.

Les observations macroscopiques et microscopiques révèlent six types de dolomite :

Dolomicrite(DI)

Il s'agit de cristaux de dolomites très fins qui indiquent une dolomite de remplacement de la micrite (fig 26 et 27), Cette dolomite ne constitue pas une source significative de matériel, probablement dû à sa nature imperméable (BOUABDELLAH, 1996).

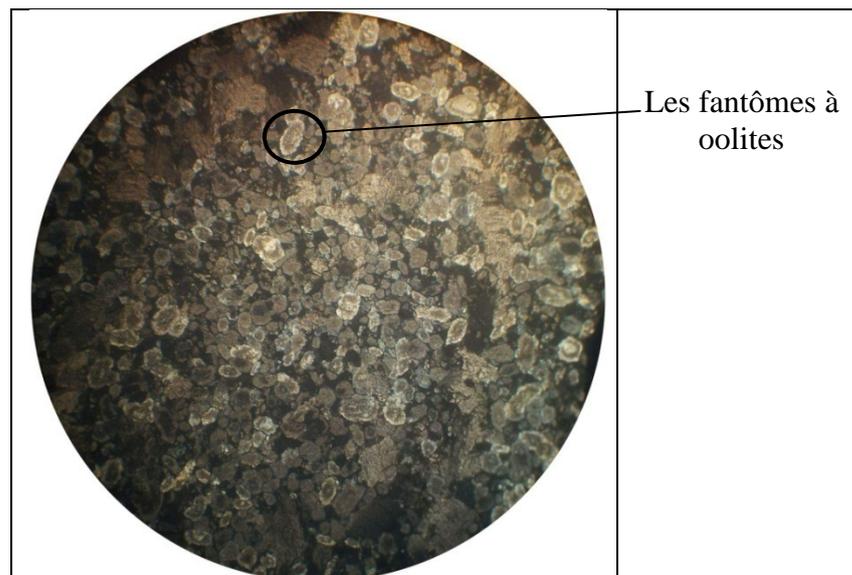


Figure 26 : vue microscopique d'une dolomicrite à fantômes d'oolites (S.P L.N Gr x 10)



Figure 27 : photo montrant l'échantillon de la dolomicrite.

Dolomie microcristalline (DII)

Il s'agit d'une dolomite saccharoïde à cristaux moyens (microsparite) brunâtre à inclusions de matières organiques, les grains sont jointifs à dissémination de pyrite ; cette dolomite est poreuse (fig 28).

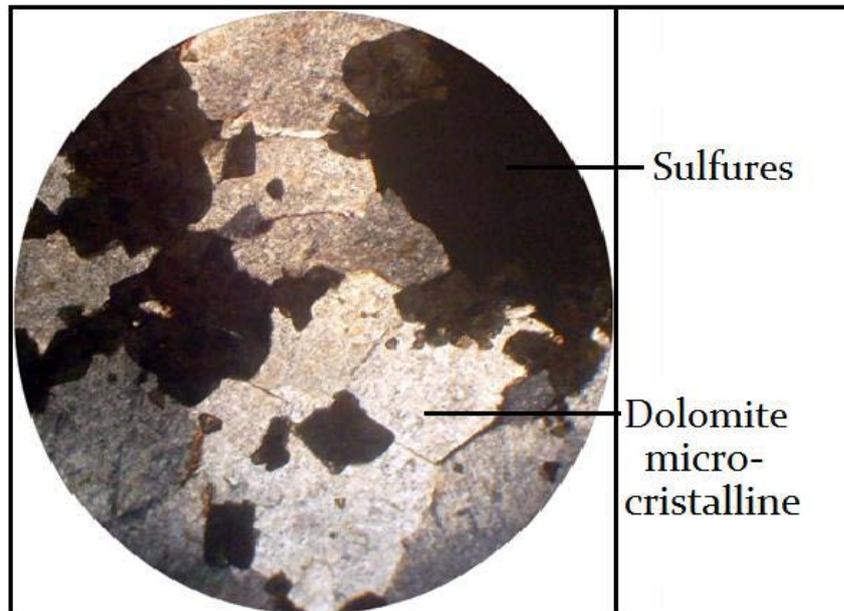


Figure 28 : Photo montrant la dolomite saccharoïde (L.M, L.P.N.A Gr x 5), (Chaa.H.2010).

Dolomie spathique (DIII)

Il s'agit de cristaux de dolomites automorphes avec quelques fois des interstices intergranulaires remplis de matières organiques ou argileuses. Les cristaux de dolomites sont automorphes souvent zonés ou chagrinés et se présentent aussi en rhomboèdres. La silice est présente au niveau de ce faciès (fig 29 et 30).

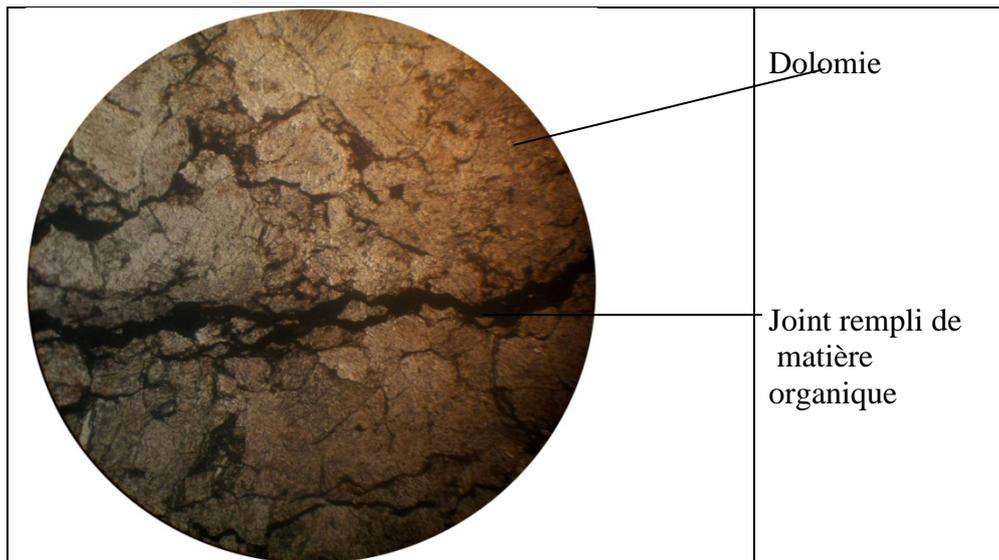


Figure 29 : photo montrant la dolomie spathique avec les joints remplie de matière Organique S.P L.N Gr x 10).



Figure 30 : photo montrant la dolomie spathique a débris de matière organique.

Dolomie zébrée (DI)

Il s'agit de bandes millimétriques à centimétriques avec alternance de lits clairs et de lits grisou beiges. Ces cristaux sont subautomorphes à xénomorphes constitués de matières argileuses intergranulaires, de dolomites grises à grains moyens et des dolomites blanches grossières (fig 31).

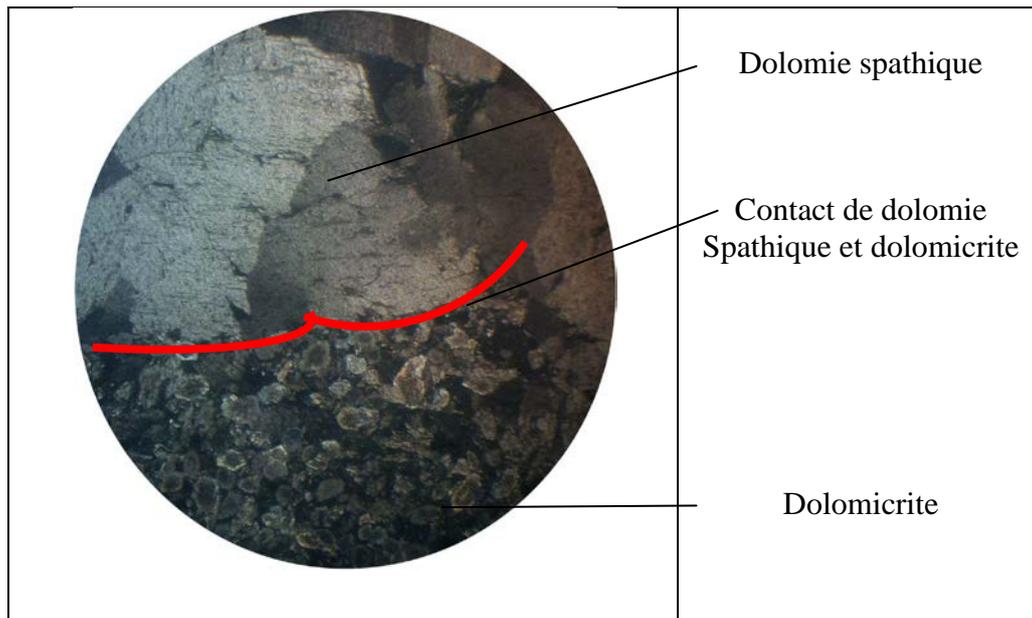


Figure 31: vue microscopique de la dolomie zébrée (S.P L.N Gr x 10).

Dolomie baroque (DV)

De couleur blanche et rose, elle est appelée aussi dolomite en selle.
Macroscopiquement elle présente une texture xénotypique et se caractérise par des clivages courbes (fig 32).

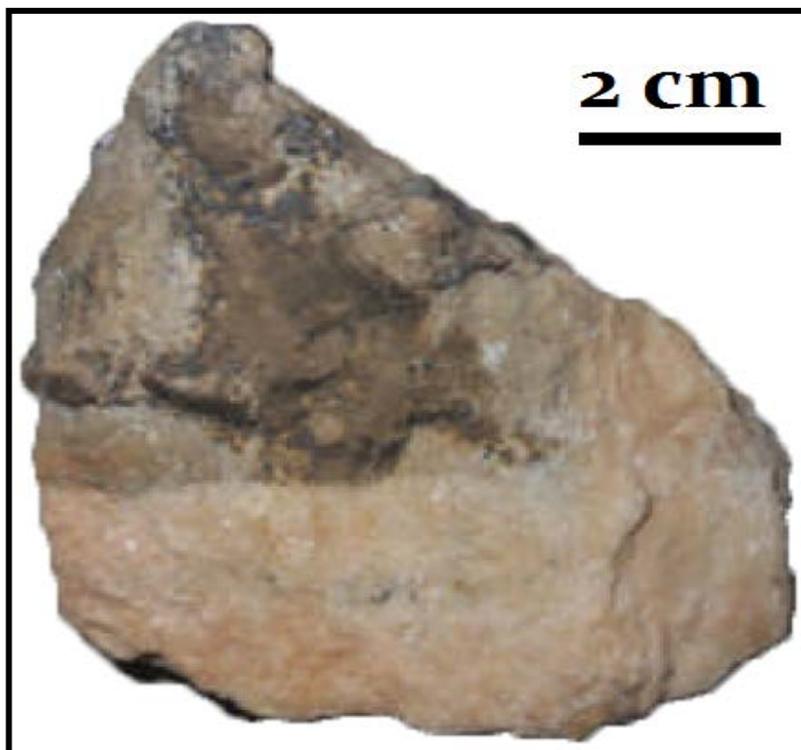


Figure 32 : photo montrant la dolomite baroque.

Microscopiquement, elles se présentent sous forme de grandes plages, ou sous forme de cristaux limpides xénomorphes montrant parfois des stylolites à matières argilo-organiques (fig 33).

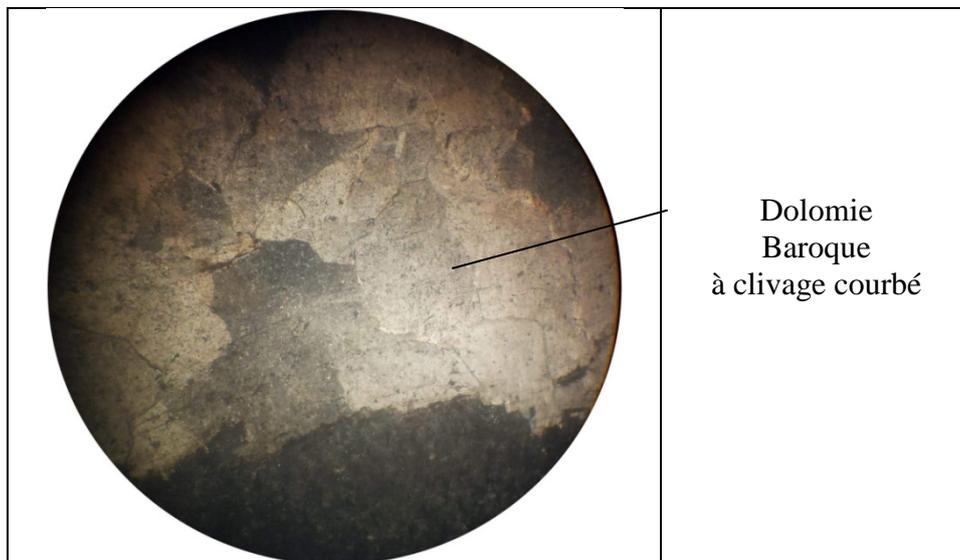


Figure 33 : vue microscopique de la dolomie baroque (S.P L.N Gr x 10).

Dolomie veinuléé (DVI)

Elles occupent les fractures des dolomites blanches, les fentes de tensions qui recourent la dolomite grise, elles peuvent être à oxyde de fer. Ces veinules peuvent être remplies de pyrite tardive (fig 34).

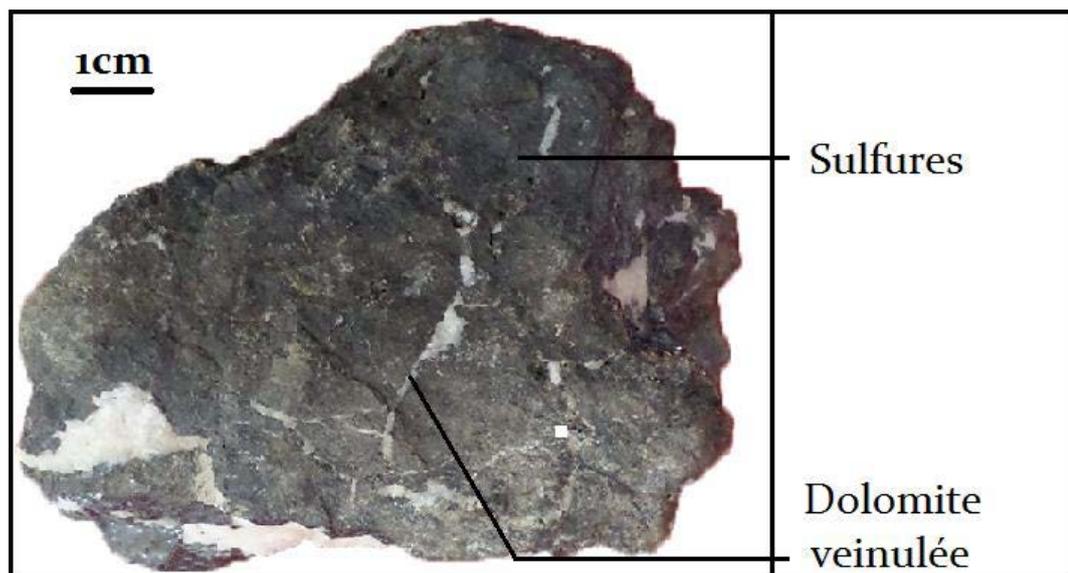


Figure 34 : photo montrant la dolomite (VI) veinulée, mémoire BOUDIAF.M.

IV.2.Silicification

La silicification se traduit par l'augmentation de la teneur en silice d'un niveau à un autre, la silice formée se présente comme suivant :

- En baguettes associées à la dolomicrite ou en chert remplissant les espaces granulaires de la dolomite baroque (figure dolomite baroque).
- En phénocristaux hexagonaux de quartz associés au stade épigénétique tardif (fig 35).

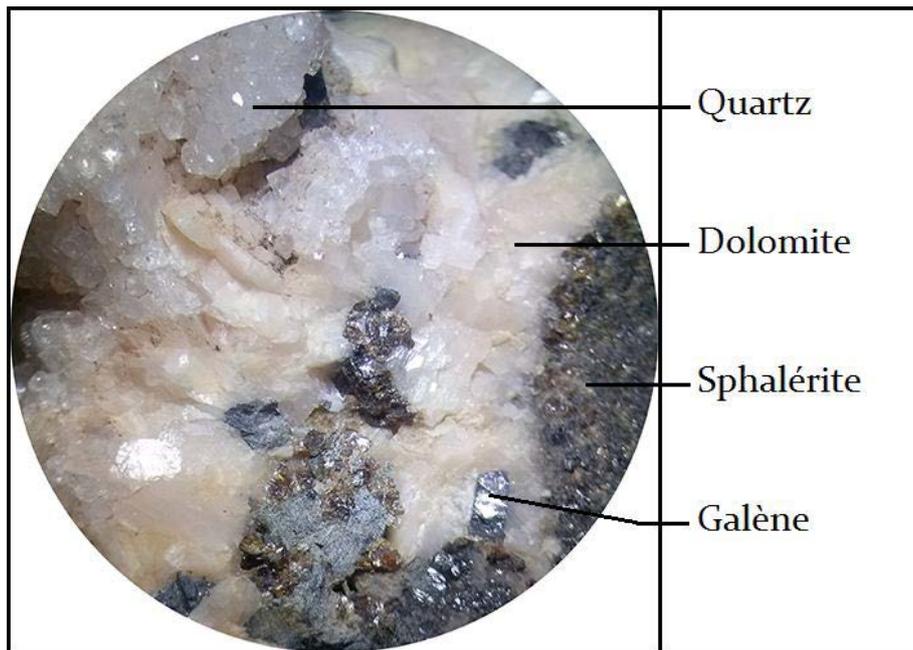


Figure 35: Photo montrant des phénocristaux de quartz (loup Gr x 5), (BOUDIAF.M).

IV.3. Texture de la minéralisation

L'étude macroscopique des minéralisations d'EI Abed montre plusieurs types de textures.

IV.3.1. Texture massive :

Elle est représentée par de la sphalérite, affectée par des fractures remplies de silice au niveau de la dolomite blanche. La pyrite peut se présenter en masse compacte où bréchifiée et cimentée par de la galène (fig 36).

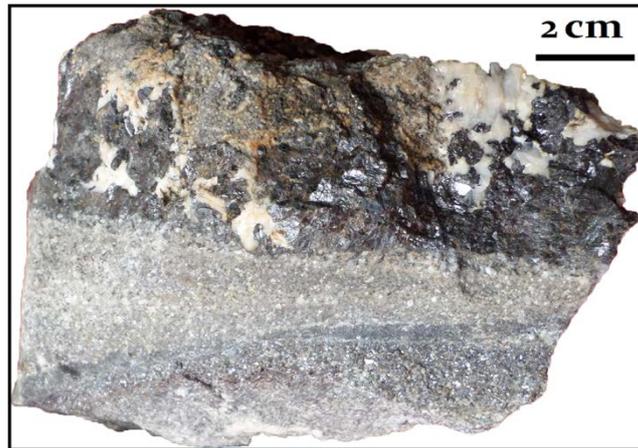


Figure 36: Photo montrant une bande décimétrique de sphalérite massive.

IV.3.2. Texture veinulée :

Cette texture est typique du remplissage, des fractures au niveau des dolomites blanches, elles se manifestent en petits veinules allant du millimètre jusqu'au centimètre (fig 37)



Figure 37: Photo montrant une texture veinulée de sphalérite post dolomite blanche (Labchri.D.2011).

IV.3.3. Texture disséminée

Elle est représentée surtout par la pyrite dispersée ou agglomérées en nodules dans les dolomies et les inter-bancs argileux. Cette texture se voit aussi dans les grains de sphalérite en abondance dans la dolosparite, et la dolomie microcristalline. La galène se retrouve en inclusion, sous formes de taches dans la sphalérite massive (fig 38).

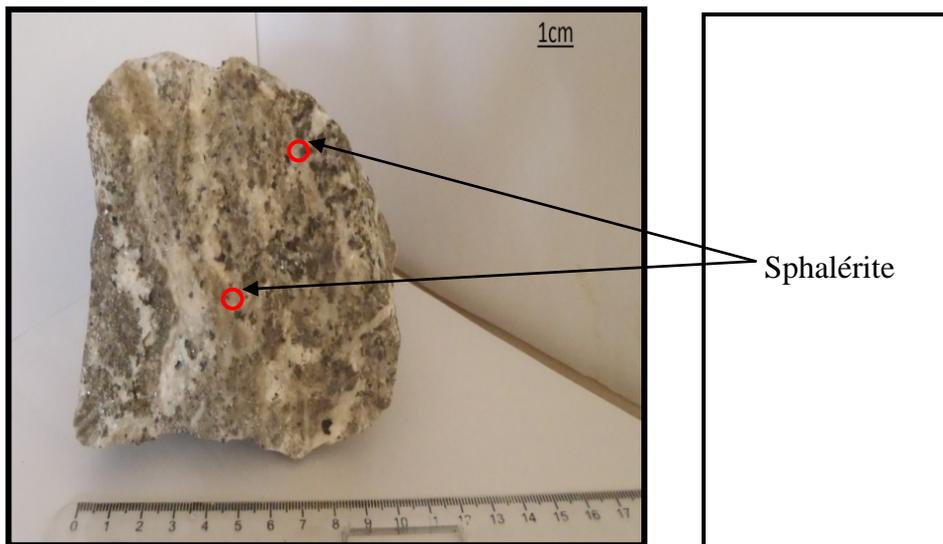


Figure 38 : Photo montrant la texture disséminée de la sphalérite dans la dolomie.

IV.3.4. Texture bréchique

Elle se rencontre au niveau des dolomies (brèche hydraulique), et au niveau du karst, où elle se caractérise par la présence de fragments de sulfures, de gros cristaux de sphalérite, galène, pyrite, et de fragments dolomitiques stériles et à sphalérites, débris de matière organique, et matières sableuses (fig 39).

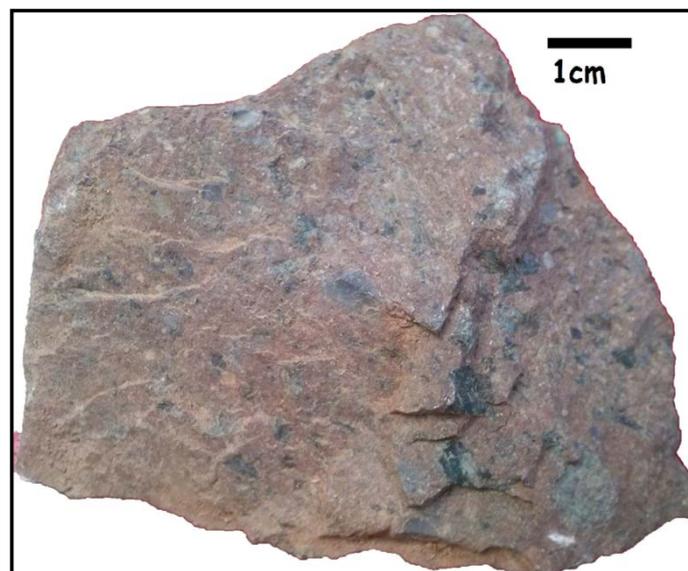


Figure 39 : Photo montrant une texture bréchique à fragments de sulfures dans les sédiments interne du karst.

IV.3.5. Texture géodique

Elle apparaît sous forme de micro cavités remplies par des cristaux centimétriques de dolomites, on trouve aussi associé : de la pyrite, du quartz, et de la barytine. Elle s'observe dans la dolomie blanche ou rose (fig 40).

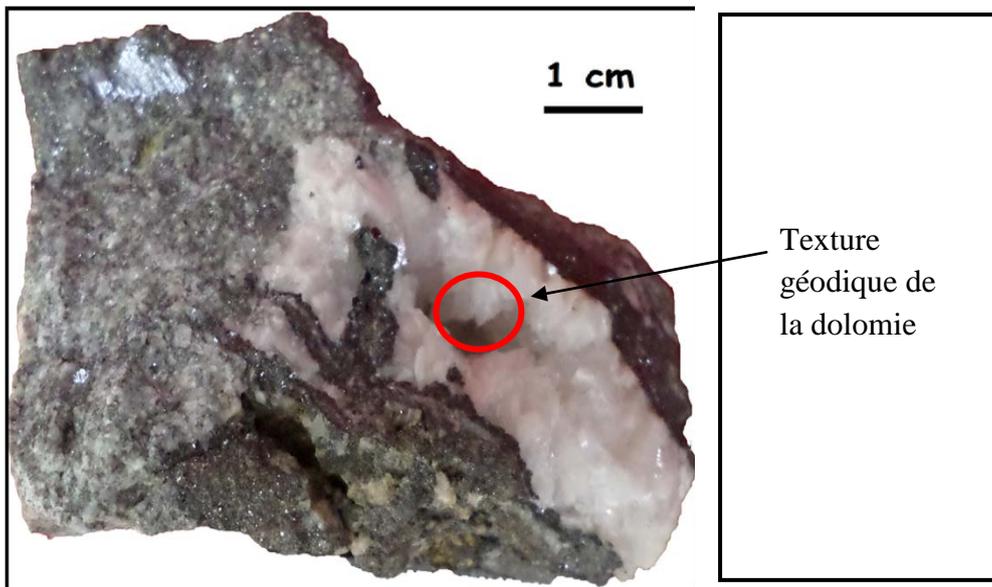


Figure 40 : Photo montrant une texture géodique de la dolomie blanche.

IV.3.6. Texture zonée

Elle se voit au microscope au niveau de la sphalérite grossière, et dans la sphalérite collomorphe. Certains cristaux de sphalérites montrent au centre une nuée d'impureté riche en quartz en fines baguettes et en grains squelettiques qui apparaissent en lumière polarisée comme une nucléation, avec des réflexions internes de couleur chamoise. Cette texture est observée aussi au niveau des dolomites rhomboédriques spathiques (fig 41).

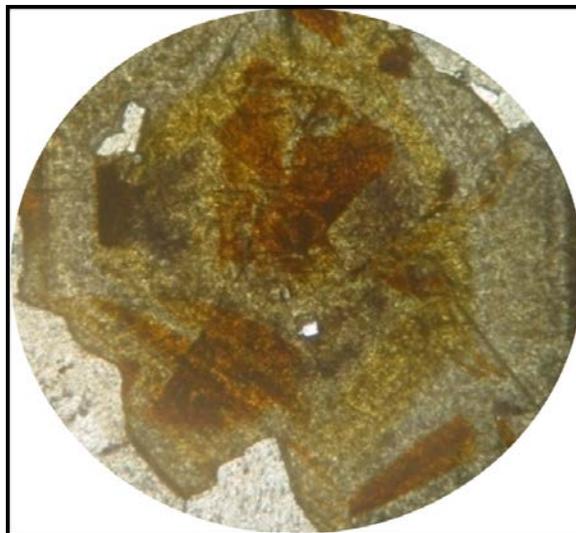


Figure 41 : Photo montrant la sphalérite zonée lame mince (L.N Gx10), (Chaa.H 2010).

IV.3.7. Texture rubanée

Les textures rubanées se caractérisent par une succession rythmée de lits millimétriques à centimétriques de dolomite grise minéralisée (sphalérite et galène), avec la dolomite blanche spathique post minérale. Le passage entre ces rubans peut parfois être brusque ou graduel. Ces rubanements sont parfois perturbés par des microfissures, remplies

essentiellement par des petits cristaux de dolomies, témoignant d'un épisode épigénétique ultérieur (fig 42).



Figure 42: Photo montrant une texture rubanée de dolomite blanche et grise.

IV.3.8. Texture pulvérulente

Elle caractérise le remplissage karstique, C'est un produit meuble, détritique avec des agrégats minéraux friables composés de sable dolomitique, et surtout de produit remaniés (fig 43).



Figure 43 : Photo montrant la texture pulvérulente) (mémoire BOUDIAF.M

IV.3.9. Texture collomorphe

Les concrétions de matière organique dans les espaces ouverts permettent de former des encroutements visibles au microscope (fig 44).

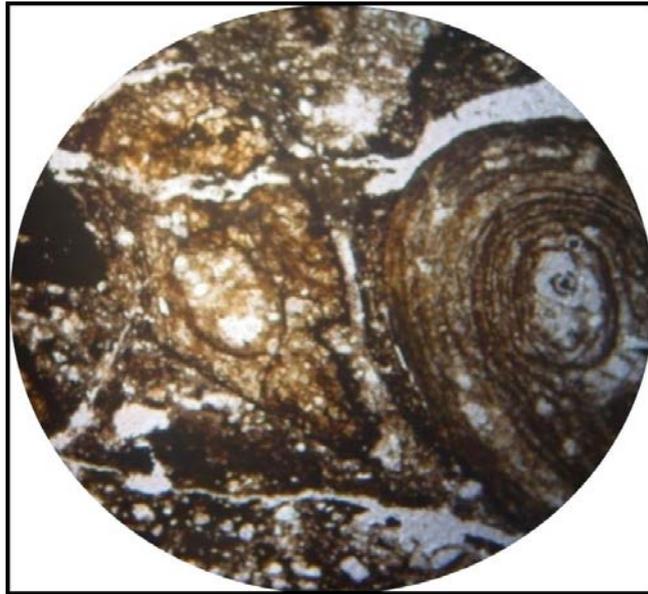


Figure 44: Photo montrant la pisolithe de spéléothème lame mince (L.N Gx10), (Boutaleb 2010).

IV.3.10. Texture mouchetée

Elle se caractérise par des mouchetures de pyrite cuivreuse qui ornentent la dolomite rose (fig 45).

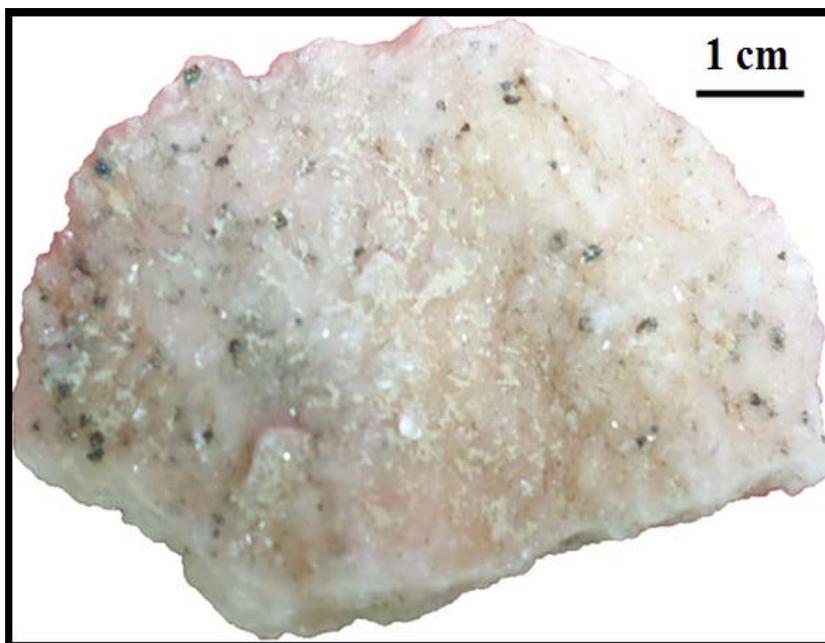


Figure 45 : Echantillon montrant une texture de crustification de dolomite rose sortie de moucheture de pyrite cuivreuse.

IV.4. Etude de la minéralisation

IV.4.1 Description de la minéralisation stratabound

Les minéralisations de type stratabound d'El Abed présentent les mêmes caractéristiques, elles sont essentiellement liées à des remplissages d'espaces ouverts et de microfissures, accompagnées par des phénomènes intenses de dolomitisations et de silicification.

La minéralisation stratabound associée aux niveaux dolomitiques nous permet de distinguer une association minérale simple composée de sphalérite, galène, pyrite, chalcopryrite, cuivre gris.

IV.4.1.1 Minéraux métallique

Sphalérite (ZnS)

Etude macroscopique

C'est le minéral le plus répandu, elle est en association avec deux types de dolomites (grises et blanche).

A l'oeil nu elle est de couleur brun foncé à noire selon sa richesse en Fer, et se présente sous aspects multiples : en agrégats massifs ou palissadiques au contact de la dolomite blanche, en cristaux subautomorphes à automorphes disséminés dans la dolomie grise (fig 46) .



Figure 46 : Photo montrant la sphalérite.

Etude microscopique

Au microscope, la sphalérite est grise ,et montre des réflexions internes brun et rouge, elle se présente soit sous forme de grandes plages, soit en fines particules disséminés en association avec la galène, elle est aussi associées à la dolomie hydrotherma(fig 47) .

L'étude microscopique montre l'existence de plusieurs types de sphalérite :

Sphalérite(I) :

Elle se présente en cristaux subautomorphes disséminés dans la dolomite.

Sphalérite (II) :

Elle est de couleur brun foncé, et se présente en plages isolées. En général, les sphalérites les plus précoces sont les plus sombres et les bandes claires sont les plus tardives.

Sphalérite (III) :

Elle se présente en fine fibre. C'est une sphalérite tardive riche en fer.

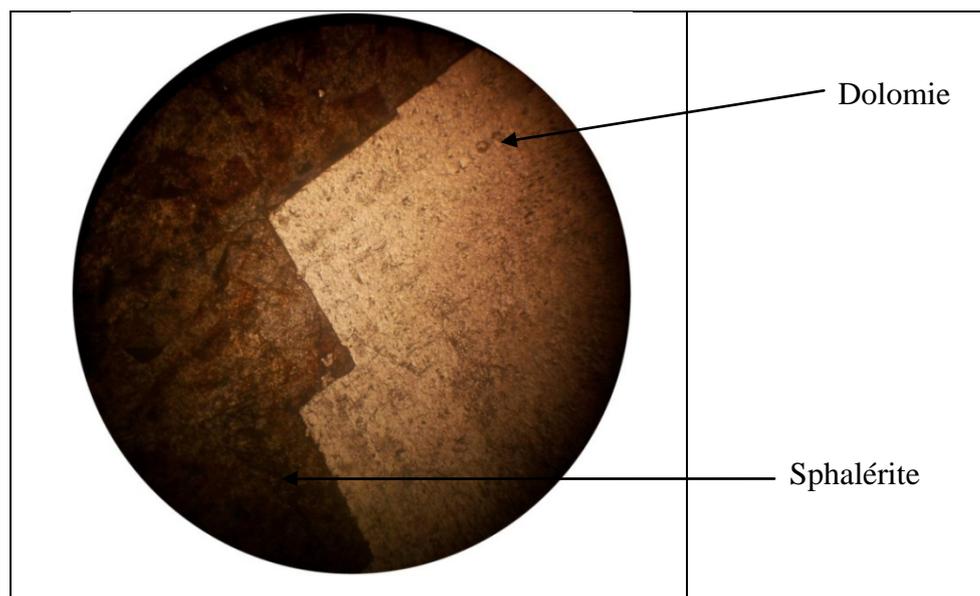


Figure 47 : photo montrant la sphalérite associée à la dolomie (L.N Gr x 4).

Galène (PbS)**Etude macroscopique**

Elle présente un vif éclat métallique à couleur gris de plomb. Elle se manifeste soit en cristaux automorphe de taille millimétrique à centimétrique dans la dolomite blanche, soit en fine disséminations liées à la dolomie grise, également on peut la trouver rarement en masse (fig 48).

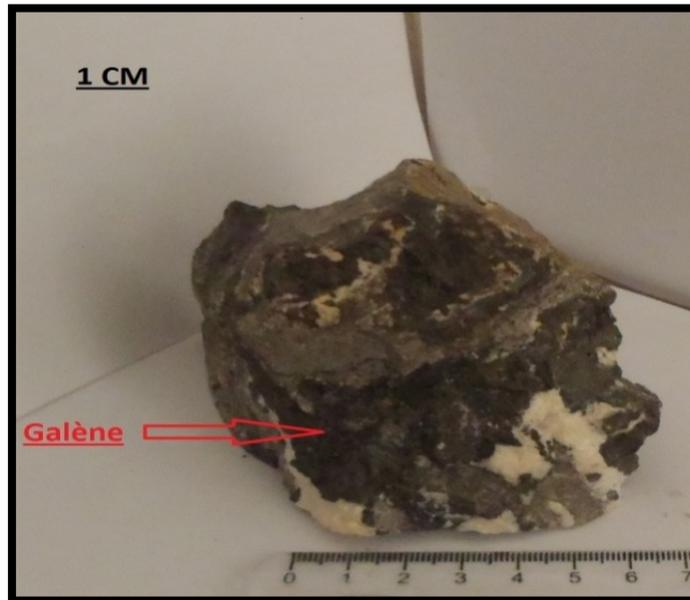


Figure 48 : Photographie d'un échantillon montrant de la Galène en dissémination.

Etude microscopique

La galène est liée souvent à la sphalérite. Elle est associée à la dolomie spathique blanche riche en matière organique et la dolomicrite (fig 49).

On distingue deux générations de galène :

Galène (I) :

Elle se présente en cristaux xénomorphes et squelettiques disséminés dans la sphalérite collomorphe traduisant une structure d'hypersaturation en H₂S, (Beales, 1975, Boutaleb, 2001).

Galène (II) :

Elle recoupe la sphalérite donc elle est tardive. Elle remplit aussi les fractures de la pyrite (II), donc elle est xénomorphe et tardive. Cette galène est plus importante que la galène I. Elle est associée à la chalcopryrite, et peut remplir les fractures de la pyrite (II).

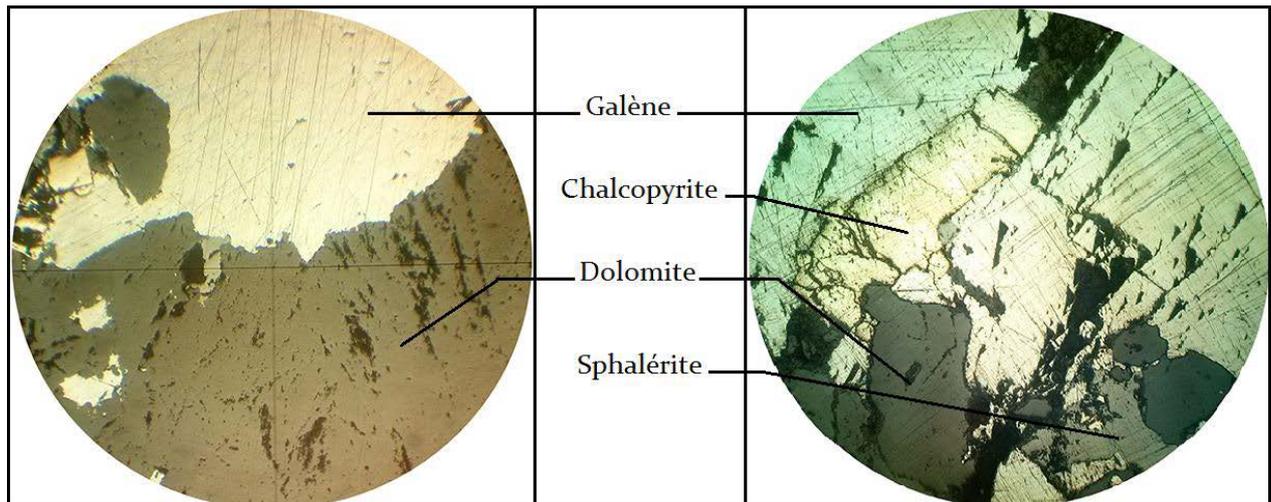


Figure 49: Photo montrant la galène associée à la sphalérite et à la chalcopryrite (S.P L.N Gr x 10).

Pyrite(FeS_2)

Etude macroscopique :

La Pyrite est en texture disséminée sous forme de fins cristaux associés à la dolomie(fig 50)



Figure 50: Photographie montrant un échantillon de la pyrite.

Etude microscopique

La Pyrite se présente sous forme de sections automorphes à subautomorphes. Les cristaux sont généralement cubiques. Elle se présente le plus souvent en fine inclusions dans la sphalérite et la galène.

Elle se présente sous les formes suivantes :

Pyrite (I) : C'est une pyrite diagenétique à section carrée associée à tous les sulfures et les dolomites, souvent incluse dans la chalcopryrite.

Pyrite (II) :C'est une pyrite automorphe, elle correspond à un agglomérat de la pyrite (I) donnant naissance à de grandes plages. Elle peut être cataclasée par une bréchification hydraulique.

Pyrite (III):Cette pyrite est observée macroscopiquement. Elle se développe sur les surfaces libres des géodes au dessus des dolomites roses. Elle est post minérale. C'est une pyrite tardive en petits cube(fig 51).

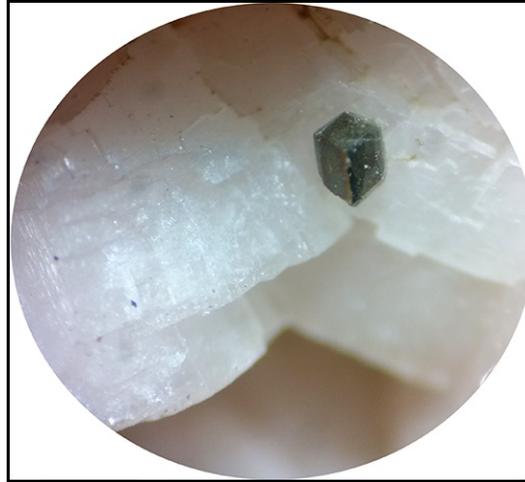


Figure 51 : Photo montrant la pyrite III sur la dolomite rose (loupe Gr x 5).

Chalcopyrite (CuFeS_2)

Moins abondante, caractérisée par sa couleur jaune franc avec une très faible anisotropie. Elle se manifeste en petits cristaux subautomorphes à xénomorphes disséminés irrégulièrement dans la dolomite, et quelquefois en agrégats attachés à la galène (fig 52).

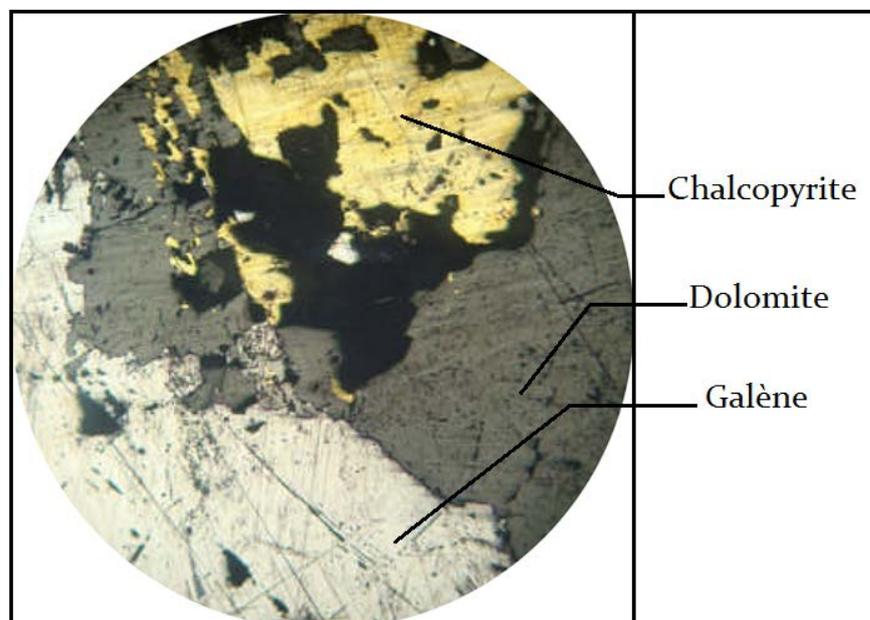


Figure 52: Photo montrant la chalcopyrite et la galène associées à la dolomite.

(S.P L.N Gr x 10)

Cuivre gris

Il est très rare de forme xénomorphe, il se présente en deux générations dont la première est souvent associée à la sphalérite ou en inclusion dans la chalcopirite et la deuxième est aussi associée à la sphalérite ou il est inclus en dissémination dans la galène massive et se présente en plage allongée(fig 53) .

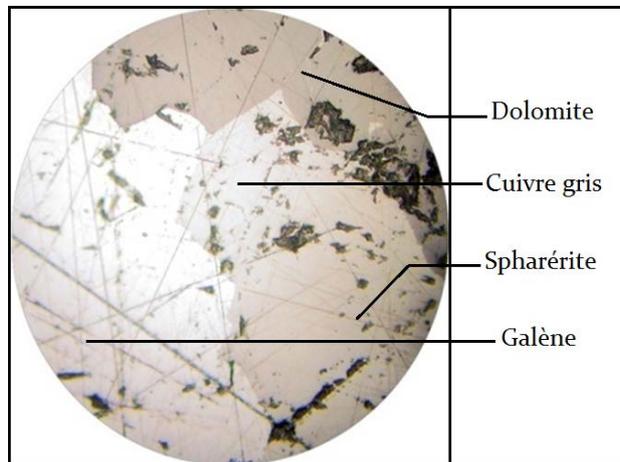


Figure 53: Photo montrant l'association cuivre gris, galène et sphalérite (S.P L.N Gr x 5), (Labchri.D.2011).

Marcassite

Elle est très rare, et souvent associée à la sphalérite ou à la pyrite disséminée, elle se présente en cristaux xénomorphes.

IV4.1.2 Minéraux de gangue

Dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)

Elle constitue le minéral de gangue le plus fréquent, et se présente en plusieurs variétés granulométriques, des cristaux de taille très fine, moyenne et grossière, et de différentes couleurs : blanche, rose, ...etc.

Silice (SiO_2)

Elle se présente en plages microcristallines (calcédoine), le quartz est détritique, corrodé (fig 54) , et subarrondi. Certains montrent des résidus internes (B.Touahri, 1983).

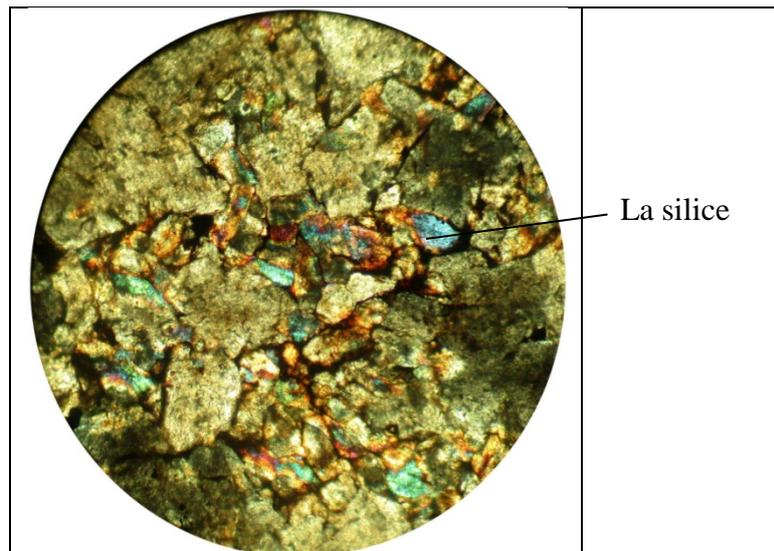


Figure 54 : vue microscopique de la silice.

Calcite (CaCO₃)

Minéral de gangue rarement rencontré à cause de la prédominance de la dolomite (primaire et secondaire) ou à cause de la ressemblance de ces deux minéraux.

IV.4.2. Succession paragénétique

L'étude de la minéralisation macroscopiquement et microscopiquement nous a permis de déterminer la relation entre les espèces minérales et les minéraux de gangue (fig 55), ainsi deux phases de mise en place de la minéralisation ont été mises en évidence par nos prédécesseurs (DAOUDJI et BOUDJEDJA (2002), BOUHENA et AOUICHET (2002), INGOULEM et SALIFOU (2004), LABCHRI (2011).

IV.4.2.1 Phase diagénétique

C'est la phase de dolomitisation précoce des calcarénites riches en oolites au cours de laquelle, il y'a précipitation de pyrite et marcasite disséminées avant ou après la dolomie diagénétique. Elle est suivie d'une dolomitisation diagénétique tardive ; un lessivage de cristaux avec une augmentation de leur taille, contrôlé par la circulation des eaux interstitielles.

IV.4.2.2. Phase épigénétique

Elle est marquée par une recrystallisation de minéraux sulfurés avec apparition de nouvelles phases de sulfures et sulfosels ; dans cette phase on assiste à une première fracturation de l'encaissant dolomitique qui permet le dépôt des minéraux sulfurés.

Au cours de ce stade on assiste au dépôt de marcasite qui sera remplacée par la pyrite II que l'on retrouve en inclusion dans les sulfures suivie par la sphalérite fine associée au quartz. La deuxième fracturation permet la précipitation de la dolomite blanche ou rose, géodique, sécante et en veinule associée à la galène massive. Une pyrite tardive tapisse les dolomites blanches baroques.

Phase Minéraux	Diagénétique				Epigénétique					
	Précoce		Tardive		Fracturation-styolitisation-dissolution recristallisation	DIV ----	Dissolution-Recristallisation	Fracturation	DV ----	DVI ----
Dolomite	DI ----	DII ----	DIII ----							
Quartz	Qz I ----								Qz II ----	
Marcassite	Ma ----									
Pyrite	PyI ----		PyII ----						PyIII ----	
Chalcopyrite					Chp ----					
Cuivre gris					Cg I ----		Cg II ----			
Sphalérite					SphI SphII -----		SphIII -----			
Galène					GI ----		GII ----			

Figure 55 : Tableau de succession paragénetique de la minéralisation stratabound d’El Abed.

IV.5. Description de la minéralisation karstique

Un karst correspond à la formation de cavités par un mécanisme de dissolution, d’effondrement ou de recristallisation, généralement en milieu continental carbonaté.

La minéralisation karstique d’El Abed est encaissée dans les formations carbonatées de la plate forme épicontinentale du Jurassique inférieur et moyen, les dépôts sont nettement discordants par rapport à leurs encaissant dolomitique, l’âge de ces minéralisations est post Eocène (BOUTALEB, 2005).

IV.5.1. Morphologie et sédimentologie du karst

La morphologie des cavités parait dépendre directement d’une dissolution guidée par la stratification et la tectonique.

La forme de ces poches karstiques est typique et peut être subcirculaire ou se présentent en forme de poches en «U», leurs dimensions, horizontalement, peuvent dépasser une dizaine de mètres alors que leurs hauteurs sont de l’ordre de 1 à 2 mètres (fig 56).

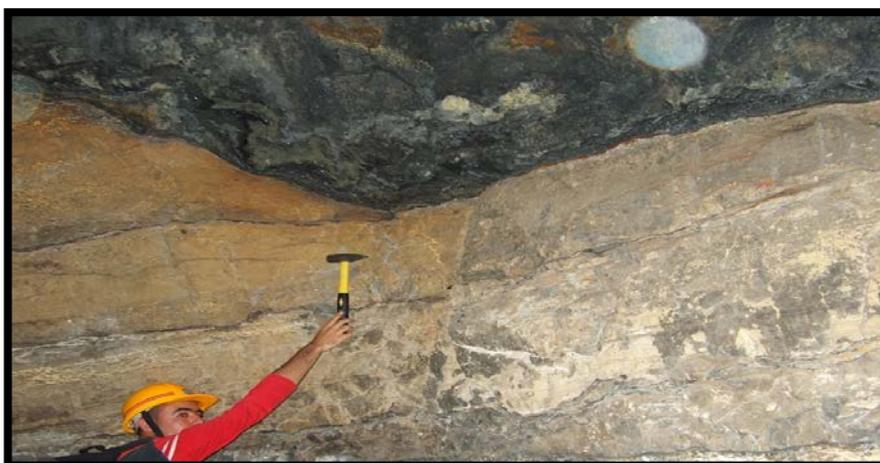


Figure 56: Photo montrant la morphologie de karst.

Le remplissage karstique d'El Abed est constitué d'un mélange chaotique clastique hétérométrique et polygénique, qui consiste en des fragments de pyrite, sphalérite, de chalcopryrite et des grains de quartz et de dolomie gréseuse pris et enrobés par des argiles et des sables (fig 57) .

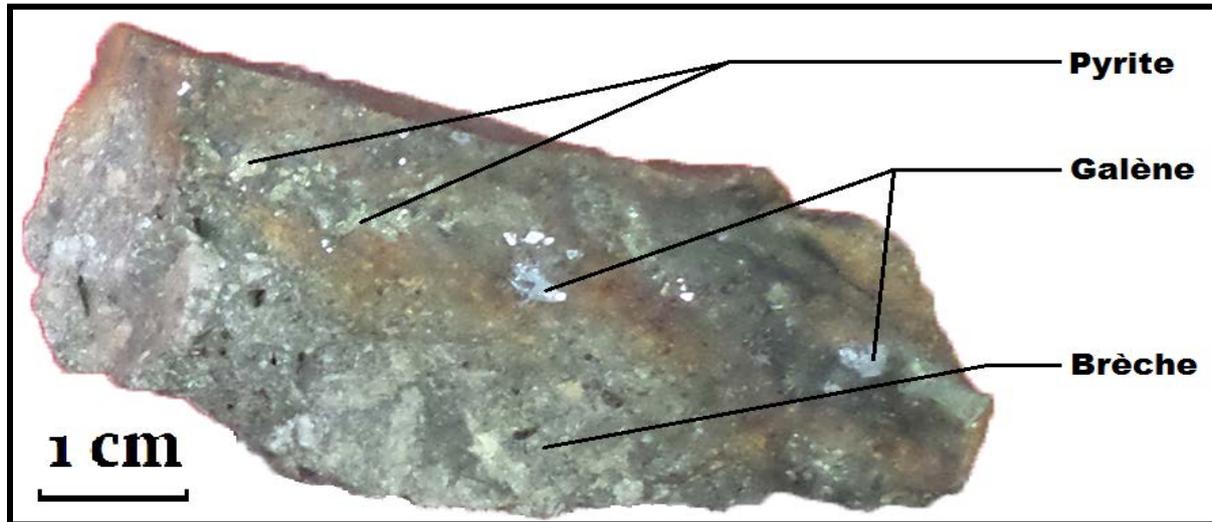


Figure 57 : Photo montrant un échantillon de remplissage karstique.

Le karst peut être dépourvu de minéralisation dans le cas où le fluide hydrothermal minéralisant n'a pas rencontré sur son chemin des zones renfermant la minéralisation stratabound.

Le remplissage des cavités est assuré par deux types de dépôts :

- **SDI « Sédiments détritiques internes »** dépôts mécaniques qui renferment des sédiments détritiques internes (graines de dolomies, d'argiles, sables dolomitiques et des sulfures remaniés par les fluides) (fig 58).
- **SCI « Sédiments chimiques internes »** sont moins abondants que les dépôts mécaniques. Ils proviennent de la dissolution chimique de tout le contenu du corps minéralisé, transportés en phase aqueuse (sous forme dissoute) par les fluides chauds saturés en métaux. Ils sont transportés et déposés dans les pièges géométriques du karst. Ces dépôts sont constitués à la fois par une phase chimique et détritique, elle comporte de la dolomite, la pyrite, chalcopryrite, galène sphalérite, oxydes de fer, matière organique et de la silice (fig 59).



Figure 58 : Succession des dépôts de sédiments internes karstiques au sein des cavités karstiques, avec de gros fragments anguleux de dolomies de l'encaissant.



Figure 59 : « cavité à remplissage » de quartz de néoformation et intense silicification des sédiments internes dans les cavités karstiques.

IV.5.2. Les produits de remplissage du karst

Les produits de remplissage du karst sont composés par un minerai pyriteux riche en matière organique, de la silice, des argiles et des carbonates. La minéralisation est constituée essentiellement de pyrite, sphalérite et accessoirement de la galène ; de la barytine, de la kaolinite et de la chalcopryrite. La minéralisation liée au niveau karstique est à dominante détritique (sédiments internes détritiques) qui proviendrait du remaniement et de la transformation de la minéralisation stratabound encaissée dans les dolomies (fig 60).

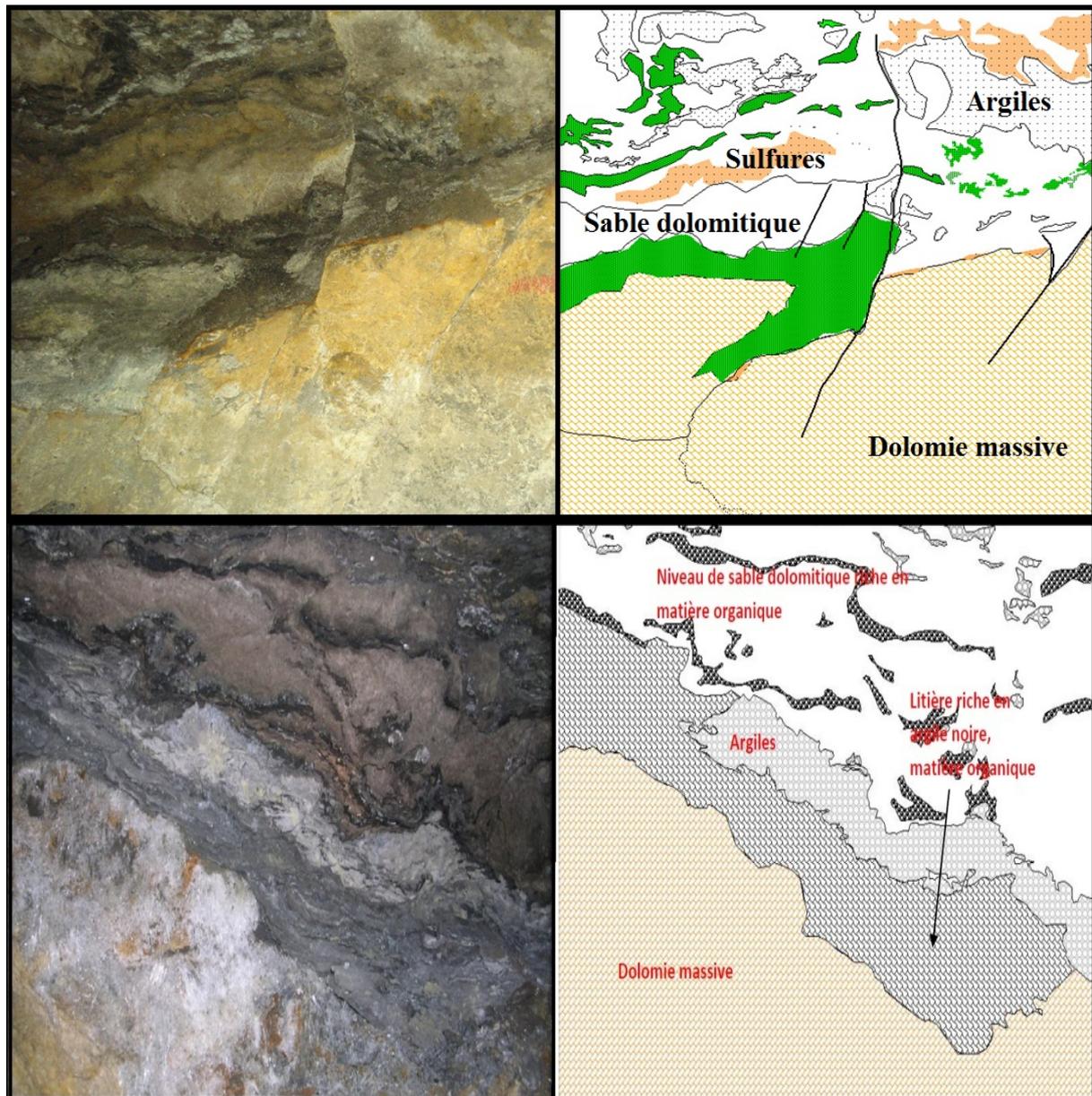


Figure 60 : Produits de remplissage karstique (Chaa.H.2010).

IV.5.3. Minéralogie

IV.5.3.1. Minéraux métallique

L'étude de la minéralisation karstique de la région d'El Abed nous permet de distinguer une minéralisation abondante qui est constitué essentiellement de pyrite, de sphalérite, et accessoirement de galène et de chalcopryite.

Sphalérite (ZnS)**Etude macroscopique**

Elle est aussi abondante que la pyrite, il est représenté par des variétés de différentes teintes : marron, jaune, chamois, orange, verte.

Etude microscopique

L'étude microscopique montre deux générations de sphalérite (fig 61) :

Sphalérite (I) : Elle est détritique et se présente sous forme de grandes plages ou en fines disséminations dans la dolomie détritique. Elle présente des troncutures, signes de collisions lors du transport avec d'autres minéraux.

Sphalérite (II) : Elle se présente sous forme de plages automorphes zonées, de tailles et de formes diverses. Elle est constituée de petits grains, en remplissage des interstices.

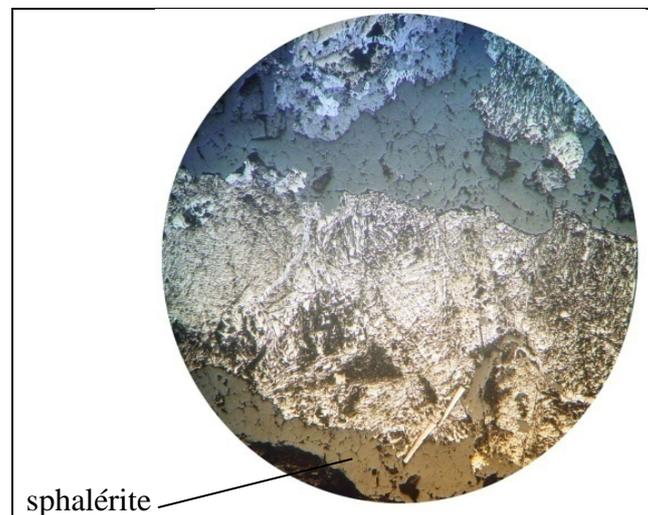


Figure 61 : photo microscopique de la sphalérite karstique S. P(L.N Gr x 10)

Pyrite (Fe S₂)**Etude macroscopique**

Elle se présente sous forme d'amas globuleux de plusieurs cristaux de pyrite agglutinées et disséminée.

Etude microscopique

Elle se rencontre en abondance, et diffuse dans l'ensemble du remplissage de karst. Elle se présente sous forme de section automorphe à subautomorphe. Sa forme est généralement hexagonale ou cubique. Elle se manifeste essentiellement surtout en association avec la sphalérite et la chalcopyrite (fig 62).

On distingue deux générations de pyrite :

Pyrite (I) : Détritique remaniée, qui montre des contours irréguliers signe d'une légère érosion mécanique, des signes de dissolution chimique sont nettement visibles par la présence de corrosion sur les bords du minéral, les cristaux sont fragmentés, brisés ;

Pyrite (II) : Automorphe qui a subi des recristallisations dans le karst, on remarque la présence d'auréoles de croissances et de néoformation. On note également la présence de pyrite formée par agglutination d'origine bactérienne.

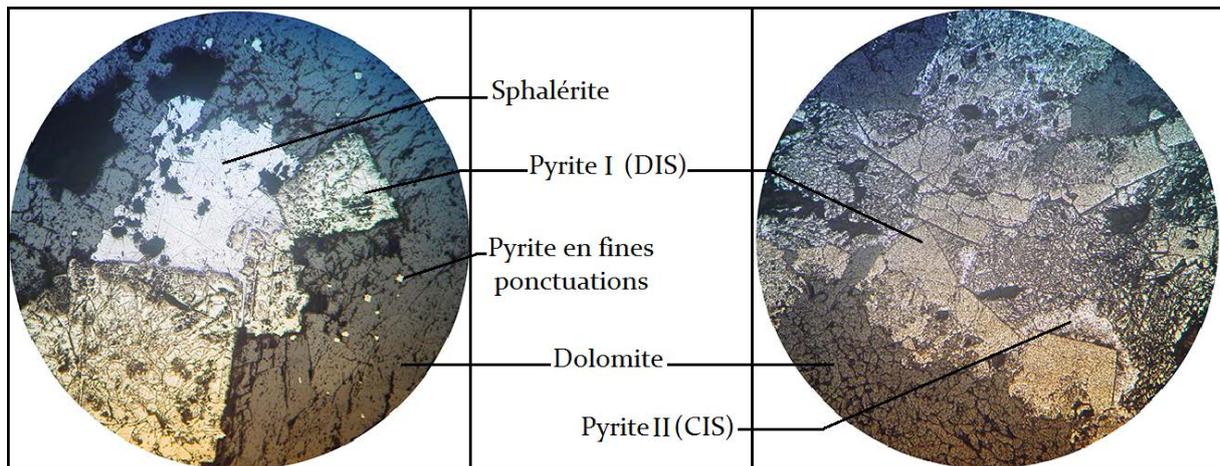


Figure 62: Photos montrant la pyrite karstique S.P (L.N Gr x 10), BOUDIAF.M

Galène (PbS)

Elle se présente en grand cristaux, massive. Macroscopiquement il existe deux générations de galène (fig 63).

Galène I : Représentée par des grains xénomorphes disséminés dans le chert siliceux. Elle est d'origine détritique.

Galène II : D'origine chimique apparaît en ciment de la pyrite cataclisée.

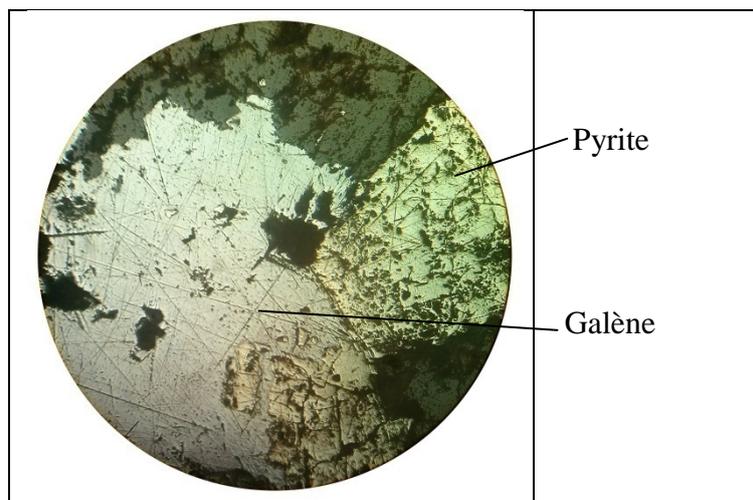


Figure 63 : Photo montrant la galène associée a la pyrite dans le karst (S.P Gr x 10).

Chalcopyrite Cu Fe S₂

Elle est très rare. Se présente en cristaux associés à la pyrite, mais peut aussi entourer cette dernière et la sphalérite (fig 64).

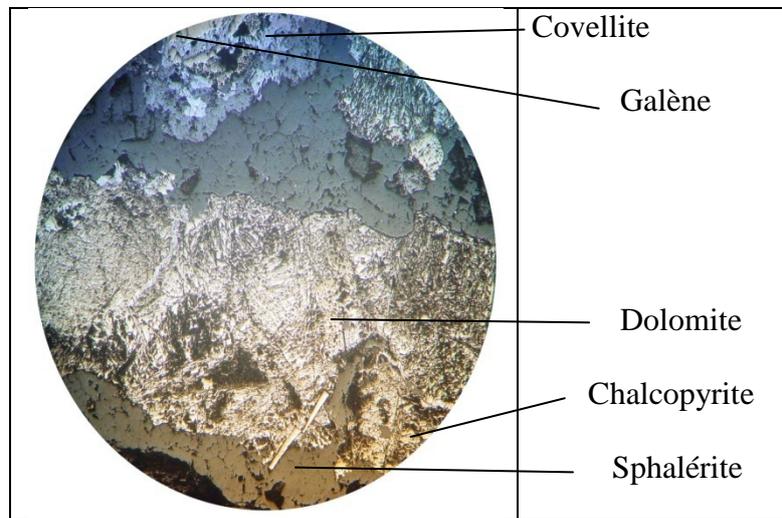


Figure 64 : photo montrant la sphalérite, la galène, le cuivre gris la covellite, et la chalcopyrite (L .P.A Gr x 10).

IV.5.3.2. Minéraux de gangue

Barytine Ba So₄

La barytine est rarement observée. Elle se présente en association avec les dolomites détritiques (fig 65).

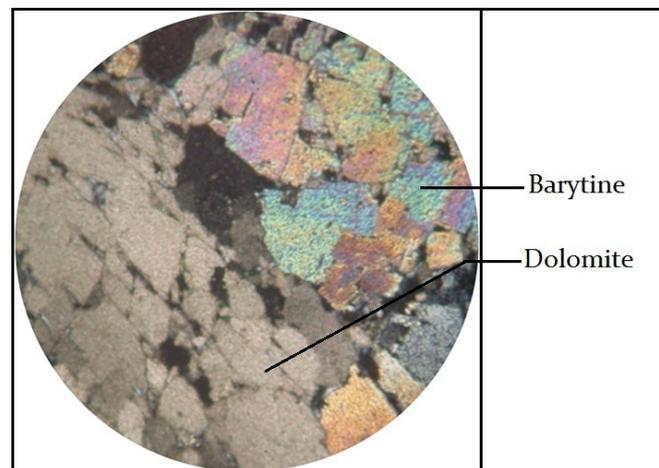
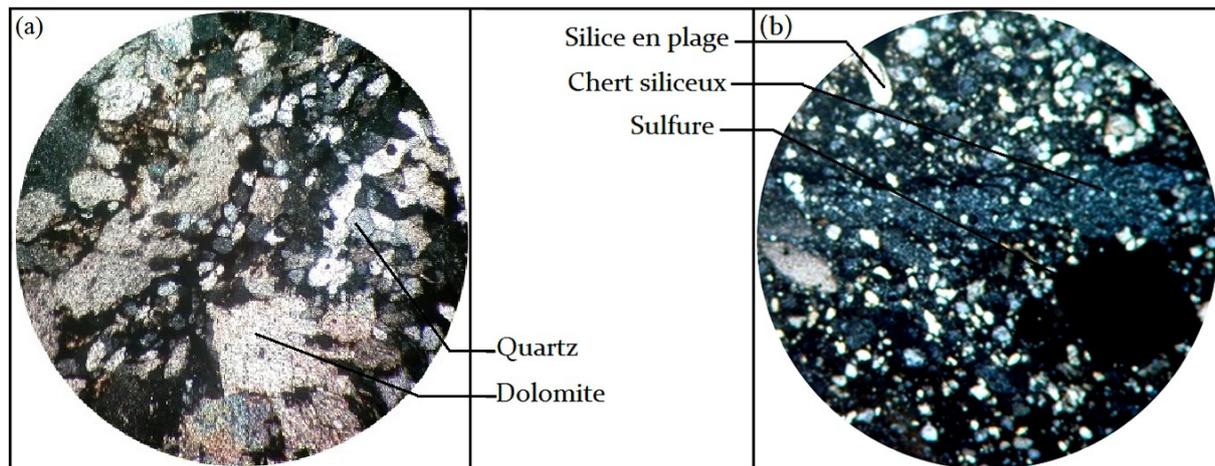


Figure 65: Photo montrant la barytine subautomorphe (L.P.A Gr x 10).

Silice Sio₂

La silice est le principal constituant du produit de remplissage karstique. Elle s'exprime macroscopiquement sous forme de fragments de tailles de quelques millimètres à quelques centimètres, de couleur gris sombre en remplacement des fragments dolomitiques de l'encaissant. Cette silice a été libérée par la dissolution des dolomies lors du passage des fluides de karstification (Labchri. D, 2011) (fig 66).



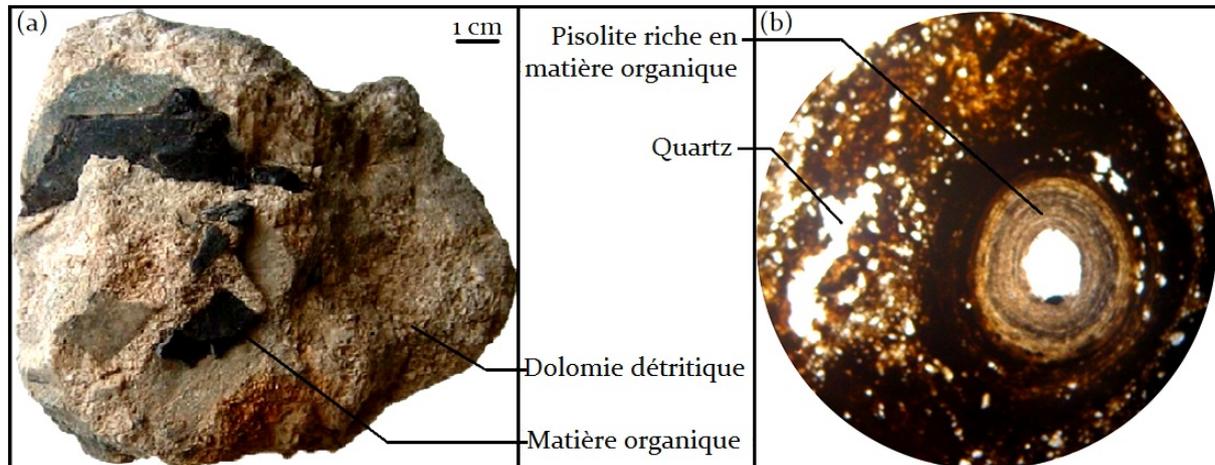
(a) : Lame mince (L.P.A Gr x 10).

(b) : Lame mince (L.P.A Gr x 10)

Figure 66: Photo microscopique de la silice avec de la dolomite et de la pyrite.

Matière organique

La matière organique est un constituant majeur des produits de remplissage du karst. Elle est assez caractéristique du fait qu'elle forme une couche noire riche en pyrite généralement à la base du karst qui s'appelle la litière (Touahri, 1983). Au microscope, elle occupe généralement les interstices et les vides, ou se présente sous forme concentrique qui rappelle « des spéléothèmes » d'origine karstique. Elle se trouve aussi en micro-inclusions dans les minéraux authigènes du karst (fig 67).



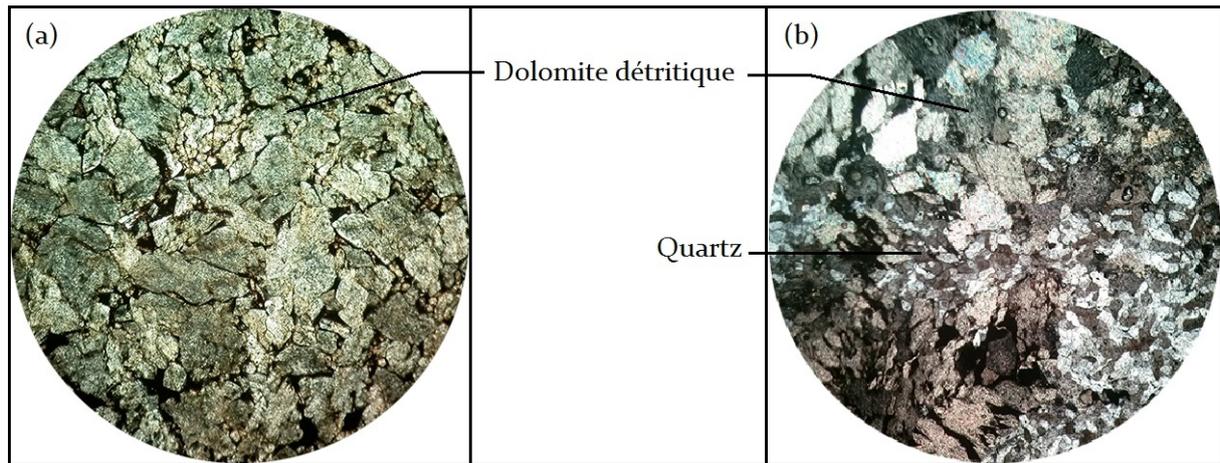
(a) : Vue macroscopique.

(b) : Vue microscopique (L.N Gr x10)

Figure 67 : Photo montrant un échantillon de karst riche en matière organique (Boutaleb, 2010).

Dolomite

La dolomite, tout comme le quartz est très abondante dans le produit de remplissage du karst. Elle forme des niveaux entiers plus ou moins continus de couleur assez claire. Au microscope, elle s'observe en grains de tailles diverses. Leurs formes sont le plus souvent xénomorphes. Les cristaux de grandes tailles semblent provenir d'un remaniement des dolomites baroques à cœurs chagrins observées dans la minéralisation stratabound (fig 68).



(a) : lame mince (L.N Gr x10).

(b) : lame mince (L.P.A Gr x5).

Figure 68: photo montrant la dolomite karstique.

IV.6. La mise en place de la minéralisation

L'étude géologique de la minéralisation stratabound et des produits de remplissage du karst a mené à reconstituer la succession chronologique des événements qui ont prévalu dans cette région de la façon suivante :

Dépôt de toute la série, allant du Trias jusqu'à l'éocène et mise en place de la minéralisation stratabound par des fluides hydrothermaux chauds et salés à partir des zones de subsidences vers les Paléo-horsts (Bouabdellah, 1996, Boutaleb, 2003, Labchri 2011) causés par les mouvements Eocène (fig 69).

Ultérieurement, un autre fluide chaud, acide, réducteur et stérile karstique, bréchifié, et remanié mécaniquement et chimiquement tout les produits du stratabound, par un « mudflow », sur de faible distance et redépose les produits détritiques dans les cavités du karst (fig 70) .

Une dernière phase de fracturation, affecte les formations aaléno- bajociennes. Cette phase se traduit par le dépôt d'une dolomite blanche, géodique, sécante, rose en remplissage veinulés, est postérieure à la minéralisation ; on note aussi la présence d'une pyrite cubique (Pyr III), et du quartz hexagonal (Qtz II), de la barytine, très tardifs postérieurs à la dolomite blanche et rose.

L'absence de minéralisation liée à cette phase, nous permet d'avancer que le fluide tardif ayant circulé, était stéril et pauvre en métaux.

Les analyses chimiques des éléments en trace métallique des dacites du socle, des argiles rouges supra-socle et l'encaissant dolomitique révèlent des concentrations élevées de Pb et de Zn cela nous permet de dire que le socle paléozoïque et l'encaissant dolomitique sont les sources des métaux de la minéralisation (Labchri. D. 2011).

Les analyses géochimiques des deux minéralisations donnent le même cortège.

L'étude microthermométrique par les inclusions fluides des dolomies, ainsi que les sphalérites indiquent que les fluides minéralisateurs qui sont à l'origine du dépôt de ces

minéralisations sont des eaux de bassins ou eaux connées chaudes et salées et riche en (Na+ et Ca++), (MOUSSAOUI. K. 2012).

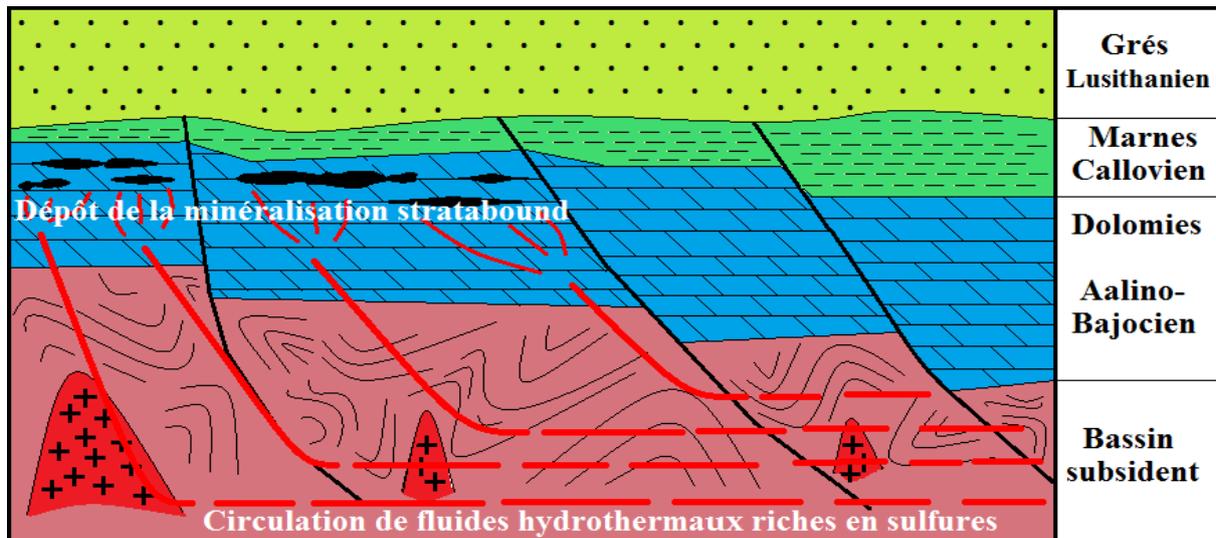


Figure 69 : schéma montrant le mode de formation de la minéralisation stratabound.

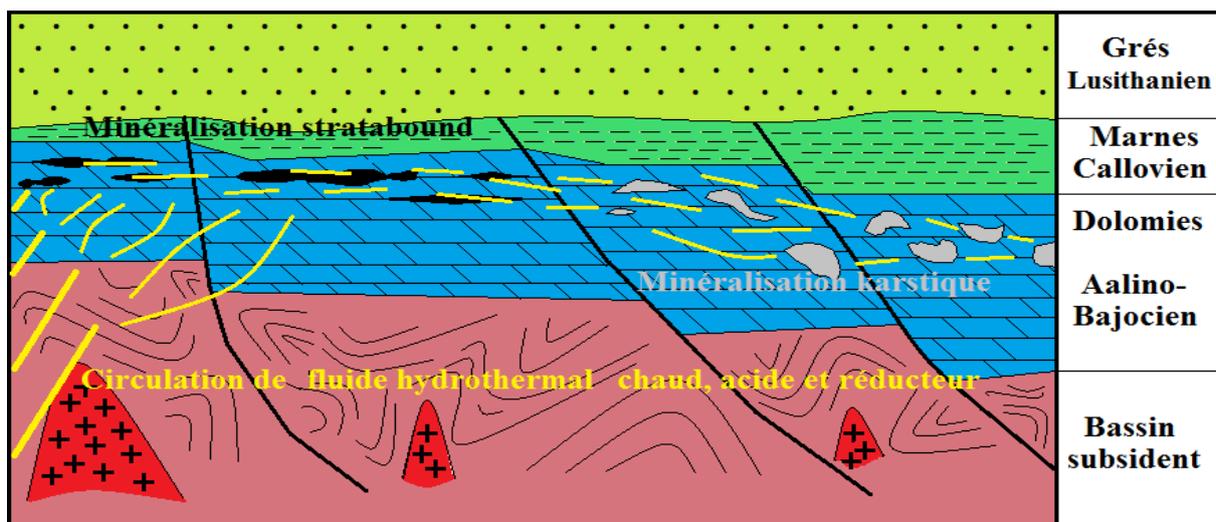


Figure 70: Schéma montrant le mode de formation de la minéralisation karstique

IV.7. Modèle génétique d’El Abed

Le modèle de Formation des minéralisations, d’El Abed, se résume comme suit:

Le dépôt de toute la série sédimentaire, du Trias au Jurassique supérieur, dépôt de la minéralisation primaire du stratabound, par l’arrivée de plusieurs fluides minéralisants chauds, acides et réducteurs.

Sous couverture, et postérieurement les surfaces d’inconformités, et la porosité des dolomies vont offrir un accès facile pour filtrer les liquides, et servir comme vecteurs, aux solutions qui vont désagréger et karstifier les dolomies de l’unité II, ce qui va mener à la formation de plus grandes ouvertures, qui préférentiellement ont tendance à se développer le long des limites supérieures du corps dolomitique sableux. Cela grâce à l’effet de dissolution sur les carbonates par l’acide sulfurique (Beales, 1977), (Bouabdellah, 1996), ce qui

permettra la libération massive de matériel et d'éléments, de sables et limons composés de dolomite et de grains de sulfures et des autres composants de la dolomite tels que les morceaux de charbon(kérogène).

Avec l'arrivée des différents fluides, le karst sera comblé peu après par un produit de démantèlement de sédiments détritiques, la matière organique jouera le rôle de tampon qui permettra la précipitation chimique de minéraux tels que la pyrite et la silice. La composition et la forme anguleuse des clastes laissent penser que les grains n'ont pas subi un long transport, et qu'ils sont similaires en composition avec l'encaissant.

Les fragments larges grossiers de roches, indiquent plutôt un transport hydraulique de débris et les grands blocs de roche hôte incombent à des brèches d'effondrements, immédiat des parois du karst par désagregation et chute gravitaire.

Les sédiments détritiques internes (SDI) sont liés à la première phase de dissolution mécanique de la roche hôte, ils sont transportés par les fluides sous forme de grains, et déposés dans le karst sous forme de minéraux détritiques, avec les variations du débit du courant. Par contre les SCI se forment durant les stades finaux de la dissolution chimique des carbonates, celle des dolomies de la roche hôte et des sulfures primaires, sont transportés par les fluides sous forme dissoute et précipitent sous forme de minéraux chimiques dans le karst.

Conclusion

L'étude de l'encaissant et des minéralisations stratabound révèle six types de dolomites dont quatre antérieurs à la minéralisation, il s'agit de dolomite diagénétique :

- Dolomicrite (I) ;
- Dolomite microcristalline (II) ;
- Dolomite spathique (III).
- Dolomite zébrée (IV).

L'arrivée des sulfures est liée à une première fracturation avec stylolitisation, cristallisation, et bréchification.

Après une deuxième fracturation se développe, la dolomite baroque (V) et la dolomite veinulée (VI) avec apport de pyrite, quartz et galène liées à la phase épigénétique.

L'étude pétrographique comparée des brèches d'éléments dolomitiques, les sphalérites à zonalité tronquée et les fragments de (charbon) sont les mêmes que ceux associés au amas stratiformes des bancs dolomitiques qui encaissent les cavités karstiques.

Les analyses chimiques sur la minéralisation stratabound et karstique montrent les mêmes caractéristiques chimiques des ETM dans la galène (Labchri. D, 2011).

Les produits de remplissage sont issus du remaniement des minéralisations et de l'encaissant de la minéralisation stratiforme par des fluides hydrothermaux acides et réducteurs.

Les tendances des éléments en trace, des sphalérites et galènes des dolomites sont identiques aux sphalérites et galènes détritiques des produits karstiques (Labchri , 2011).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

La région d'El-Abed est située dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie, à la frontière Algéro-Marocaine, elle comprend le gisement de Zinc et de Plomb qui est le prolongement oriental des gisements de Touissit et Boubekour au Maroc. Ces gisements forment un district connu sous le nom « district minier de Touissit_Boubekour_El-Abed ».

La minéralisation d'El Abed est encaissée dans des formations dolomitiques d'âge Jurassique inférieur-moyen TOUAHRI (1987). Les corps minéralisés comportent :

- Une minéralisation en stratabound encaissée dans une série dolomitique de plate forme interne, confinée, à très faible subsidence qui se développe entre l'Aaléno-bajocien inférieur et moyen, sur une paléo-structure hercynienne.

La tectonique caractéristique de la région l'a structurée en horst et grabens. Les trois principales directions sont : E-O, NE-SO, N-S .Elles ont structuré l'édifice et conditionné la sédimentation.

La circulation des fluides chauds acides et réducteurs à travers la fracturation, est à l'origine de la dissolution et de la bréchification des dolomies et de la précipitation métallifère.

- La minéralisation karstique, consiste en un corps minéralisé encaissé au sommet des dolomies aaléno-bajociennes karstifiées. Elle se compose de sulfures de sphalérite à zonalité tronquée, de galène et de sulfures de fer qui se concentrent dans la collapse bréchique, dont l'origine reste discutée.

Cette brèche en question consiste en un remplissage pulvérulent, hétérométrique et polygénique où l'on retrouve des fragments de dolomites angulaires qui sont éparpillées sous forme de nids à travers la brèche minéralisée.

Le produit détritique est formé principalement de sables dolomitiques, clastes de dolomies, de la matière organique, des argiles, du quartz et de fragments de charbon comparables à ceux associés aux amas stratiformes.

Les minéraux de gangue sont représentés essentiellement par la dolomite, calcite, barytine, et la silice.

Bibliographie

- ABADAZ. (1982)** - contribution à l'étude minéralogique du gisement de Pb-Zn d'El Abed. Mémoire d'ingénieur USTHB. Alger.
- BENLAMARI Azzouz (2012)** - Contribution à l'étude Géologique et Minière du gisement Plombo-Zincifère d'El-Abed (Wilaya de Tlemcen), Université Mentouri Constantine.
- BOUABDELLAH, M. 1993.** Metallogenesis of a Mississippi Valley-type district: case of the Touissit-BouBeker mining district, North-eastern Morocco. Unpub. Ph.D. thesis Ecole Poly. De Montréal: 367 (in French).
- BOUDIAF, M. (2015)** – Etude de la minéralisation Pb-Zn d'El Abed (Tlemcen) et leurs impacts sur l'environnement. Master en géologie minière UMMTO .Tizi-Ouzou
- BOUHENA S. et AOUICHET M., (2002)** - contribution à l'étude structurale et à la pétrographie des dolomies du gisement Zn-Pb d'El Abed. Mémoire d'ingénieur d'état USTHB Alger.
- BOUTALEB A., AISSA, D.E & TOUAHRI, B. (1999)** : Les gites plombo-zincifères du Hodna : Minéralisations comparables au type « Vallée du Mississipi ». Bull. Ser. Géol de l'Algérie.
- BOUTALEB A., AFALFIZ, A., AÏSSA D. E., KOLLI, O., MARIGNAC CH. & TOUAHRI, B. (2000)** - Métallogénie et évolution géodynamique de la chaîne Tellienne en Algérie. Bull. Service Géologique de l'Algérie.
- BOUTALEB A. (2001)** - Etude des minéralisations des domaines sétifien-Hodna pétrographie des dolomies, microthermométrie : implications métallogéniques. Thèse de Doctorat USTHB Alger.
- BOUTALEB A. (2003)** - Origine et âge relatif de la minéralisation karstique d'El Abed, 2 Ème Séminaire de Stratigraphie National, Béni Abbes 7-9 décembre.
- BOUTALEB A. et MOUSSAOUI Kh. (2010).** Etude pétrographique et microthermométrique préliminaire des dolomies et sphalérites d'El Abed -Tlemcen - Nord-Ouest de l'Algérie - Thèse de magister USTHB Alger.
- BOUTALEB A. (2011)** - Carbonate hosted lead-zinc deposit of El Abed – Tlemcen North Western Algeria.
- CHAA H. (2010)** - Etude des minéralisations karstiques d'El Abed (Tlemcen). Mémoire d'ingénieur d'état USTHB (Alger).
- DAOUADJI M, BOUDJADJAL. (2002)** - Contribution à l'étude gîtologiques de la minéralisation du gisement Zn Pb d'El Abed (W, Tlemcen) mémoire d'ingénieur d'état USTHB. Alger.

-ELMI S. (1972) - L'instabilité des Monts de Tlemcen et de GharRouban (Ouest Algérien) pendant le Jurassique, interprétation paléogéographique.

-ELMI S. (1973) - Décrochements et mouvements Atlasiques dans la région frontalière algéro-marocaine (Monts de GharRouban). C.R. Acad. Sci. Paris.

-LABCHRI. D (2011) - Etude des minéralisations d'El Abed (Tlemcen) - Thèse de magister USTHB Alger.

-MIMOUNI Djalila et MAHBOUBI Hasnia. (2014) - Etude géologique de l'indice de minéralisation « djebel Deglen » (partie Sud des Monts de GharRoubane, Tlemcen, Algérie). Thèse de magister Université Abou BekrBelkaid-Tlemcen.

-REZIGAT.N, EMCHAL.K (2008) - contribution à l'étude des problèmes environnement et. De sécurité, le cas de la mine souterraine de Chaabet El Hamra, Ain Azel. Wilaya de Sétif. Diplôme d'ingénieur d'état en géologie. Université Ferhat Abbas. Sétif.

-SALIFOU SANAGO. M, INGOULEM. O (2004) - Contribution à l'étude de la minéralisation karstique du gisement Pb- Zn d' El Abed (W, TLEMCEN).Mémoire d'Ingénieur USTHB Alger.