

N°d'ordre :.....

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre



Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de
Master2 en Sciences de la Terre

Option:

Géodynamique de la Lithosphère

La Barytine : géologie, pétrologie, et gîtologie

Usages et perspectives.

(Cas du gisement de Boucaïd W- Tissemsilt)

Par

BENNAMA Amina

Soutenu le: 08 /07/2021 devant la commission d'examen composée de :

Mr. SEDDIKI Abdelmadjid, Professeur, Université d'Oran 2

Président

Mr. BAAOUAGUE Abdel Baki, MAB, Université d'Oran 2

Rapporteur

Melle. KARED Ratiba, MCB, Université d'Oran 2

Examineur

Oran 2021

Avant-propos

Avant tout nous remercions dieu qui nous a donné la patience de terminer ce travail.

Mes remerciements vont, tout d'abord, à Monsieur BAAOUAGUE.A de m'avoir proposé le thème de ce Mémoire et m'initier et m'intéresser sur le gisement de Barytine. Il m'a encadré et encouragé pendant cette durée de sa réalisation en orientant ce travail jusqu'à sa réalisation.

Je remercie Monsieur SEDDIKI.A pour avoir accepté de présider le jury, ainsi j'en suis très redevable envers ses efforts pédagogiques durant toute ma formation de Master et surtout pour tous et les orientations de ce travail.

Mes remerciements vont également à Melle KARED.R qui a accepté de juger ce travail et pour les discussions que nous avons engagés sur le problème de la barytine et de m'avoir passé la documentation concernant ce gisement.

Mes remerciements s'adressent tout spécialement à Madame REMACI.N avec qui a tout donné et pour m'avoir apporté son attention et ses encouragements ainsi que pour sa générosité et sa modestie exemplaire. Quelle trouve ici une mention très particulière de respect et de reconnaissance.

Mes remerciements vont également à mes Professeurs du Département de géologie qui tout au long de mon cursus universitaire, m'ont formé. Je cite Mr. BENDOUKHA, Mr. MAHMOUDI, Mr. TABELIOUNA, Mr. BENRAMDAN, Mme LAGRAA, Mme ALLAMI, Mr. BENHAMOU, Mr. MAHBOUBI, Mr. BOUTERFA, Mr. BOUZID, Mr. ATIF, Mr. SEBANE.

J'exprime une pensée respectueuse envers tout le personnel de l'Unité ENOF de l'exploitation de Barytine de Boucaïd, Je remercie infiniment Mr. BENEDINE.M le directeur de l'unité de l'ENOF qui nous a accueilli chaleureusement et qui nous a met tout les moyens pour qu'on a pu passer un séjour très fructueux au sein de son organisme; ainsi nous remercions le chef du service géologique, M. BOUGANA.T, sans oublier Mr AIT AMARA.R ; Mr SERDOU.B ; ABBAD.K pour ces collaborations durant notre stage de terrain pour la réalisation du projet de fin d'étude.

Un merci spécial au Mr. AIT HAMOU pour son aide pendant mon stage.

Je tiens à remercier Mr BOUZA pour son aide indispensable pour la réalisation des lames minces.

J'adresse mes remerciements à tous les responsables de la bibliothèque, salle informatique et l'administration et à mes collègues et amis du Département des Sciences de la Terre.

Je ne peux pas terminer sans remercier pleinement mes Parents, ma mère et mon père pour leur sacrifices et l'éducation ; pour leur encouragements et leur patience durant toutes mes années d'étude. Mes Frères MANSOUR, SID ALI, ABDELHAQ, MILOUD, ABDEREZZAQ et ma petite sœur NESSRINE pour leur patience et leur aide inestimable. Qu'ils trouvent dans ce travail le gage de mon amour et de ma reconnaissance.

Résumé

L'Algérie, pays vaste et très variée géologiquement ; Constitue un endroit de premier choix sur le plan géologique, puisqu'il dispose de la quasi-totalité des formations depuis les plus anciennes (Précambrien) aux plus récentes (Quaternaire) avec de bonnes qualités d'affleurement. Ces terrains ont été l'objet d'évènements tectoniques divers, ainsi elles ont subi plusieurs épisodes de déformations et qui comporte un trésor métallogénique important.

Dans le cadre de la compréhension de la géologie et du type de minéralisations dans la région de Boucaïd (Ouarsenis), situant au Nord de la wilaya de Tissemsilt ; et surtout la relation entre la mise en place de la minéralisation et le contrôle tectonique de la région, nous avons effectué une étude géologique et géochimique. Une sortie sur terrain de quelques jours a été effectuée ; qui nous a permis de mettre en évidence les différentes structures tectoniques.

Nous avons essayé également d'étudier la pétrographie des roches encaissantes et de la minéralisation à barytine grâce à l'analyse sous microscope polarisant des lames minces effectuées dans différents échantillons.

La mise en place de ce gisement se situe à la fin de l'orogénèse hercynienne. Des fractures N-S drainant des fluides hydrothermaux, forment les filons à barytine et fluorine et minéralisent les sédiments à proximité de la paléo-surface. Nous avons considéré deux minéralisations séparées, l'une au Lias inférieur liée à « la sédimentation de fer et du manganèse », et une autre, liée à un hydrothermalisme à baryum et fluor, alimenté par des fractures N-S. Le faciès ferro-barytique étant interprété comme une ancienne couche argileuse, avec amas d'ilménite, auxquels s'ajoute, durant une phase tectonique cassante, de la barytine.

Dans ce travail, nous présenterons tout d'abord les aperçus géologiques et géographiques régionaux et locaux. Ensuite, nous présenterons les données structurales et pétrographiques et minéralogiques ; puis nous discuterons ces résultats pour enfin donner des conclusions et quelques perspectives que nous jugeons avantageux pour finaliser notre mémoire.

-Les mots clés : Ouarsenis – Boucaïd - Barytine – tectonique – filon - hydrothermalisme – paragénèse – minéralisation.

ملخص

الجزائر بلد شاسع ومتنوع جيولوجيا. يشكل موقعًا رئيسيًا من الناحية الجيولوجية ، نظرًا لأنه يحتوي على جميع التكوينات تقريبًا من الأقدم (ما قبل الكامبري) إلى الأحدث (الرباعي) مع صفات نتوء جيدة. كانت هذه التضاريس هدفًا للعديد من الأحداث التكتونية ، لذا فقد خضعت لعدة حلقات من التثشوه والتي تحتوي على كنز مهم للتعدين.

كجزء من فهم الجيولوجيا ونوع التمعدن في منطقة بوقايد (جبال الونشريس) الواقعة شمال ولاية تيسمسلت وسط الجزائر ؛ وخاصة العلاقة بين تأسيس التمعدن والتحكم التكتوني في المنطقة ، أجرينا دراسة مع رحلة ميدانية لبضعة أيام ؛ مما سمح لنا بتسليط الضوء على الهياكل التكتونية المختلفة.

حاولنا أيضًا دراسة الصخور المضيفة وتمعدن الباريت بفضل التحليل تحت مجهر مستقطب لأجزاء رقيقة تم إجراؤها في عينات مختلفة.

لقد درسنا تمعدنين منفصلين ، أحدهما في Lias السفلى يتعلق بـ "ترسيب الحديد والمنغنيز" ، والآخر متعلق بـ تصريف السوائل الحرارية المائية ، وتشكل إنشاء هذه الرواسب في نهاية تكون هرسينيان. كسور ذات اتجاه شمال-جنوب عروق الباريت والفلوريت- وتمعدن الرواسب بالقرب من السطح القديم. لقد درسنا تمعدنين منفصلين ، أحدهما اللياص السفلى يتم تفسير السحنات يتعلق بـ "ترسيب الحديد والمنغنيز" ، والآخر يتعلق بالحرارة المائية للباريوم والفلور ، تغذيه كسور الحديدية على أنها طبقة طينية قديمة ، مجموعات من الإلمنييت ، يضاف إليها الباريت خلال المرحلة التكتونية الهشة للباريت. في هذا العمل ، سنقدم أولاً لمحات جيولوجية وجغرافية إقليمية ومحلية. بعد ذلك ، سوف نقدم البيانات الهيكلية والصخرية والمعدنية ؛ ثم سنناقش هذه النتائج لإعطاء الاستنتاجات في النهاية وبعض وجهات النظر التي نعتبرها مفيدة لإنهاء مذكرتنا.

الكلمات المفتاحية : الونشريس – بوقايد – الباريت – التكتونية – الوريد – الحرارية المائية – منشأ – تمعدن.

Abstract

Algeria, a vast and geologically diverse country; Constitutes a prime location geologically, since it has almost all the formations from the oldest (Precambrian) to the most recent (Quaternary) with good outcrop qualities. These terrains have been the object of various tectonic events, so they have undergone several episodes of deformation and which contains an important metallogenic treasure. As part of the understanding of the geology and the type of mineralization in the region of BOUCAID (Ouarsenis), located north of the wilaya of Tissemsilt; and especially the relation between the establishment of the mineralization and the tectonic control of the region, we carried out a study with a field trip of a few days; which allowed us to highlight the different tectonic structures.

We also tried to study the petrography of the host rocks and the barite mineralization through the analysis under a polarizing microscope of thin sections carried out in different samples.

The establishment of this deposit is at the end of the Hercynian orogeny. NS fractures draining hydrothermal fluids, form barite and fluorite veins and mineralize sediments near the paleosurface. We considered two separate mineralization, one at the Lower Lias related to "iron and manganese sedimentation", and another, related to barium and fluorine hydrothermalism, fueled by N-S fractures. The ferrobarytic facies being interpreted as an old clay layer, with clusters of ilmenite, to which is added, during a brittle tectonic phase, barite.

In this work, we will first present regional and local geological and geographic overviews. Then, we will present the structural and petrographic and mineralogical data; then we will discuss these results to finally give conclusions and some perspectives that we consider advantageous to finalize our memory.

-Key Words: Ouarsenis – Boucaïd - Baryte–tectonic - vein –hydrothermal – paragenesis – mineralization.

Table des matières

Avant-propos	1
Résumé	2
ملخص	3
Abstract	4
Liste des figures:	9
liste des tableaux:	9
Liste des photos:.....	10

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

I –INTRODUCTION	13
II- SITUATION GEOGRAPHIQUE	13
II-1- Massif de l’Ouarsenis.....	13
A- Place de l’Ouarsenis dans le domaine tellien:	13
II-2- La région de Boucaïd	16
III- GEOMORPHOLOGIE, HYDROGRAPHIE ET CLIMAT OLOGIE	16
IV- METHODOLOGIE ET OBJECTIF DE D’ETUDE	17
IV-1- Méthodologie.....	17
IV-2- Objectifs de l’étude :	18
V- HISTORIQUE DES TRAVAUX ANTERIEURS	18
V-1- Les travaux concernant la recherche minière :	18
V-2- Les travaux concernant la géologie générale :.....	19

CHAPITRE II : GEOLOGIE DE LA REGION D’ETUDE (REGIONAL & LOCAL)

I-LITHOSTRATIGRAPHIE DE LA REGION D’ETUDE :	22
I-1-L’OUAISENIS :	22
I-2-1-LA REGION DE BOU CAID :.....	23

A- Le Paléozoïque :	24
B- Le Mésozoïque :	24
B- 1- Le Trias :	24
B- 2- Le Jurassique :	24
I-3-1- Jurassique supérieur :	25
3-1-1- Lias inférieur :	25
3-1-2- Lias Moyen et Supérieur :	26
3-2- jurassique moyen (Dogger) :	26
3-3-jurassique supérieur (Malm) :	26
4-1 - Néocomien :	28
4-2-Albo-Aptien :	28
C- Le Cénozoïque :	28
D-Le Quaternaire:	28
II- EVOLUTION STRUCTURALE ET PALEOGEOGRAPHIQUE :	31
II-1-Tectonique.....	31
II-2-L'Autochtone:	32
2.1. Le Complexe A:.....	32
2.2. L'allochtone (Nappe B) :.....	32
2.3. La Nappe C:	32
2.4. Les dépôts post-nappes:.....	33

CHAPITRE III : BARYTINE gisement, Propriétés & usages

I-Introduction :	37
II. La barytine.....	38
II.1.Définition :	38
II.2. Formation de Barytine :	38
II.3. Utilisation et production :	39
II.4. Géologie : Géochimie :	41

II.5-Minéralogie :	42
III-Types de dépôt :.....	45
A-Dépôts sédimentaires en litière :	45
IV-MODE D'EXPLOITATIONS:	47
V-TRAITEMENTS DE LA BARYTINE, SPÉCIFICATIONS DES PRODUITS :.....	48
1- Enrichissement et élaboration de la barytine industrielle	49
VI-DÉVELOPPEMENT DURABLE, RECYCLAGE ET SUBSTITUTION :	49
VII- Conclusions :.....	50

CHAPITRE IV : ÉTUDE GITOLOGIQUE & MINÉRALOGIQUE

I – HISTORIQUE DU GISEMENT :	52
II - DESCRIPTION DE LA MINERALISATION :	53
1- Les minéralisations filoniennes du massif de Srâa Abd El Kader :	54
A- Gisement Nord:	54
A-1- Gisement Belabbés :.....	54
A-2- Gisement Sidi Djebar :.....	54
B- Gisement Lakhdar :	55
B-1- Gisement Sidi Ouadah :	55
B-2- Gisement Sidi Omar :.....	55
C-Gisement Ammal :.....	56
2- Analyse Microscopique Des Lames Mincees (les étapes) :.....	58
III- DESCRIPTION DES TEXTURES DE LA MINERALISATION :	59
III- 1- Texture massive :	59
III- 2- Texture veinulée :	59
III- 3- Texture rubanée :	60
III- 4- Texture Disséminée :	60
IV -NATURE DE L'ENCAISSANT :	61
IV -1- Calcaire oolithique :	61

V- COMPOSITION DE CORPS MINERALISES :	62
V-1- Les sulfates (Barytine : BaSO ₄) :	62
V -2 - Les sulfures:	63
a/ Sphalérite :(ZnS)	63
b/ La Galène : (PbS).....	64
c/ La pyrite : (FeS ₂)	64
V-3)-. Les minéraux de gangue :	64
a/ Le quartz (SiO ₂) :	64
b/ La calcite CaCO ₃ :	64
c/ La dolomite : (Mg, Ca)(CO ₃) ₂ :	65
VI - SUCCESSION PARAGENETIQUE :	65
VII- CRITERE ET INDICE DE MINERALISATION :	66
CONCLUSION GENERALE.....	67
BIBLIOGRAPHIE:.....	69

Liste des figures:

Figure 1: Situation géographique de la région de Boucaïd par rapport à l'Ouarsenis (image sat Google earth).....	14
Figure 2 : Situation et limites géographiques du massif de l'Ouarsenis (in. Benhamou, 1996)....	15
Figure 3 : Schéma montrant la situation secteur de Boucaïd par rapport aux grands ensembles morphologiques du Grand Pic (d'après Zeghari 2009, modifiée).	16
Figure 4: Esquisse géologique du massif de l'Ouarsenis (M. Mattauer 1958).	22
Figure 5: Logs Stratigraphiques du jurassique du massif de l'Ouarsenis (Kireche, 1993).	25
Figure 6: Croquis du Grand Pic avec Sra Abdelkader (Mattauer, 1958).	27
Figure 7: Croquis de la série renversée du Grand Pic de l'Ouarsenis. (Mattauer, 1958).	27
Figure 8: coupe synthétique de référence (Benhamou ; 2016).	30
Figure 9: Traits structuraux du secteur d'étude. (D'après Calembert, 1952 ; Benhamou, 1996, modifiée).	32
Figure 10: Les unités structurales de l'Ouarsenis (d'après Mattauer, 1958 ; Benhamou, 1996 , modifiée).	33
Figure 11: Reconstitution paléogéographique & paléo structurale (A : corrélation / B : 2D / C : 3D) (Zeghari, 2009).....	35
Figure 12: Plan De Situation Des Sites Formants Le Gisement De Barytine (Extrait de la carte topographique de la région, échelle : 1/50 000).	53
Figure 13: Situation actuelle de la minéralisation dans les massifs de l'Ouarsenis, après le renversement du Grand Pic. (Louha Hasina.2012)	66

liste des tableaux:

Tableau 1: Stratigraphie du mont d'Ouarsenis (DELGA .M, paléogéographique structural de l'Algérie Tellienne, 1956).	29
Tableau 2: La production mondiale en 2017 était d'environ 8,65 millions de tonnes.	40
Tableau 3: La consommation mondiale était 8,1 millions de tonnes.	40
Tableau 4: Situation des minéralisations du socle.	41

Liste des photos:

Photo 1: Panorama photographique montrant les quatre pitons de Grand Pic ; En arrière plan Sràa Abdelkader	13
Photo 2: Le Grand Pic (= Kef Sidi Amar) vu du Nord (Benhamou,2016) Modifié	23
Photo 3: Photographie des bancs de calcaires décimétriques riches en Ammonitico-rosso.....	27
Photo 4:paysage typique de la région de l’Ouarsenis (Grand Pic ; Belkairt ; Batha).	33
Photo 5:calcaire du jurassique (secondaire & moyen) et le marne de tries (ère secondaire inférieur)	34
Photo 6:Alternance des bancs calcaires a nodules et de marne	34
Photo 7:l’indice barytique (filonien) de gisement Bel abbés (300m) NNE-SSW	34
Photo 8:Alternance des bancs calcaires et silex	34
Photo 9:le Facies Ammonitico-Rosso du Malm	34
Photo 10:le Facies de Bélemnites	34
Photo 11: Barytine; texture Massive (Barytine+calcite).....	38
Photo 12: Barytine; produit finis (ENOF – Boucaïd 2021).	40
Photo 13: Barytine Lamellaire.	42
Photo 14: Barytine + Sphalérite.	44
Photo 15: Barytine + Pyrite.....	44
Photo 16: filon de barytine entre une formation argilo-marneuse et calcaire à oolithes. (Région de Belabbés gisement Nord Boucaïd).....	46
Photo 17: échantillon de barytine associée au sulfure de Zinc (galène –en noir) et sulfure de Pb(blende –en gris) -gisement Nord /Boucaïd-.....	46
Photo 18: Exploitation souterraine gisement Nord – Boucaïd2021-	47
Photo 19:(A) & (B) cheminée de passage dans la galerie du gisement Nord Boucaïd (2021).....	48
Photo 20:produit finis et emballés – gisement de Boucaïd 2021-.....	49
Photo 21: L’entrée du niveau d’exploitation 1116m-Gisement NORD-.	56
Photo 22: Minéralisation filonien de barytine du gisement Lakhdar et gisement Nord (Boucaïd).	57
Photo 23: exploitations de barytine en forme d'amas dans le niveaux sidi Ouadah et sidi Omar (gisement Lakhdar - Boucaïd).....	57
Photo 24: Filon de Barytine dans des calcaires et des argiles avec des oxydations de Fer Hydratés (gisement Belabbés – Boucaïd).....	57
Photo 25: Texture massive de la Barytine.	59

Photo 26: veinules de (calcite +barytine+galène) avec hydroxydes de fer.....	59
Photo 27: texture rubanée de Sphalérite, alternances (blend Zns + galène Pbs), calcite	60
Photo 28:texture disséminée de Pyrite dans le calcaire.	60
Photo 29:texture disséminée de Galène dans la Barytine.	60
Photo 30: Vues macroscopique de calcaire oolithique à veinule de calcite.....	61
Photo 31: Vues microscopiques de calcaire oolithique à veinule de calcite.....	61
Photo 32: Barytine en crêtes (lame mince LPA Grx5).	62
Photo 33:Barytine en gerbes (Lame mince LPA Grx5).	62
Photo 34:Barytine en plumes (Lame mince LPA Grx5).	63
Photo 35:Barytine en lattes (Lame mince LPA Grx5).	63
Photo 36: Sphalérite veinulée marron, corrodé par la galène noir (Lame mince LPA Grx5).	63
Photo 37: Quartzite avec la pyrite & hydroxydes de fer (limonite) (Lame mince LPA Grx5).	64
Photo 38: calcite dans les calcaires oolithiques (Lame mince LPA Grx5.)	64
Photo 39: assemblage de barytine, de calcite et de dolomite (Lame mince LPA Grx5).....	65

CHAPITRE I :
GÉNÉRALITÉS

I –INTRODUCTION

Le travail qui nous été confié concerne l'étude du gisement à Baryte de la région de Bou Caïd. Le champ minier de cette région, correspond à la partie la plus élevée de la zone orientale de l'Ouarsenis (1986 m). Le relief est très accidenté appartenant au système montagneux de l'Atlas tellien. Le secteur d'étude se situe sur les pointements de terrains jurassiques qui affleurent au milieu des dépôts crétacés sous forme de massifs isolés.

Les gîtes métallifères connues dans cette région jusqu'à ces jours ont liés étroitement aux calcaires liasiques, et d'après Calambert (1952); «Tous les gîtes bien connus comportant une couche primaire sulfurée, à gangue de calcite et de barytine, à sphalérite dominante qui se présente sous forme de filons de remplissage, des fissures ou intersection de deux surfaces de fracture sous forme d'amas de dimension considérable ou apophyses».

Le gisement polymétallique de Boucaïd, fait partie du massif culminant de l'Ouarsenis les minéralisations à Pb, Zn, Ba sont encaissées dans les formations calcaires du Lias et du Dogger, réparties dans le massif du Grand Pic, Srâa Abdelkader et Belkheïrat.

Le champ minier de l'Ouarsenis comporte deux types de minéralisations; une minéralisation filonienne et une autre karstique.

II- SITUATION GEOGRAPHIQUE

II-1- Massif de l'Ouarsenis

A- Place de l'Ouarsenis dans le domaine tellien:

Le domaine tellien est représenté en Algérie par une bande de 1200km s'étendant d'Ouest vers l'Est. Il montre une continuité occidentale représentée par le Rif au Maroc, et une continuité orientale représentée par la Kroumirie en Tunisie. Le Tell au sens géographique et limité au Nord par la Méditerranée et au Sud par les Hauts-Plateaux.



Photo 1: Panorama photographique montrant les quatre pitons de Grand Pic ; En arrière plan Srâa Abdelkader

Le massif culminant de l'Ouarsenis (Algérie nord occidentale) appartient à la bordure sud tellienne située sur la marge téthysienne d'Afrique du Nord. La série, tectoniquement renversée, du Grand Pic (Kef Sidi Amar) montre le développement d'une plate-forme carbonatée initiale qui subit un approfondissement saccadé.

Le cadre stratigraphique a été établi et précisé par Calambert (1952), Mattauer (1958), Farés (1968, 1969), Tchoumatchenko et Krishev(1992), Benhamou (1996) . Les mouvements d'extension jurassique sont particulièrement nets (Mattauer, 1958; Benhamou, 1996). Ils aboutissent, dès le Lias moyen (Pliensbachien) à la différenciation d'un secteur plus subsident qui s'approfondit progressivement plus que les zones encadrantes de manière à constituer un ombilic. Ce régime d'approfondissement relatif se poursuit jusqu'au Bajocien inférieur (Benhamou et Elmi, 1994). Cet ombilic, tectoniquement contrôlé, se caractérise par une succession relativement épaisse et continue qui affleure bien sur les flancs nord et ouest du Grand Pic.

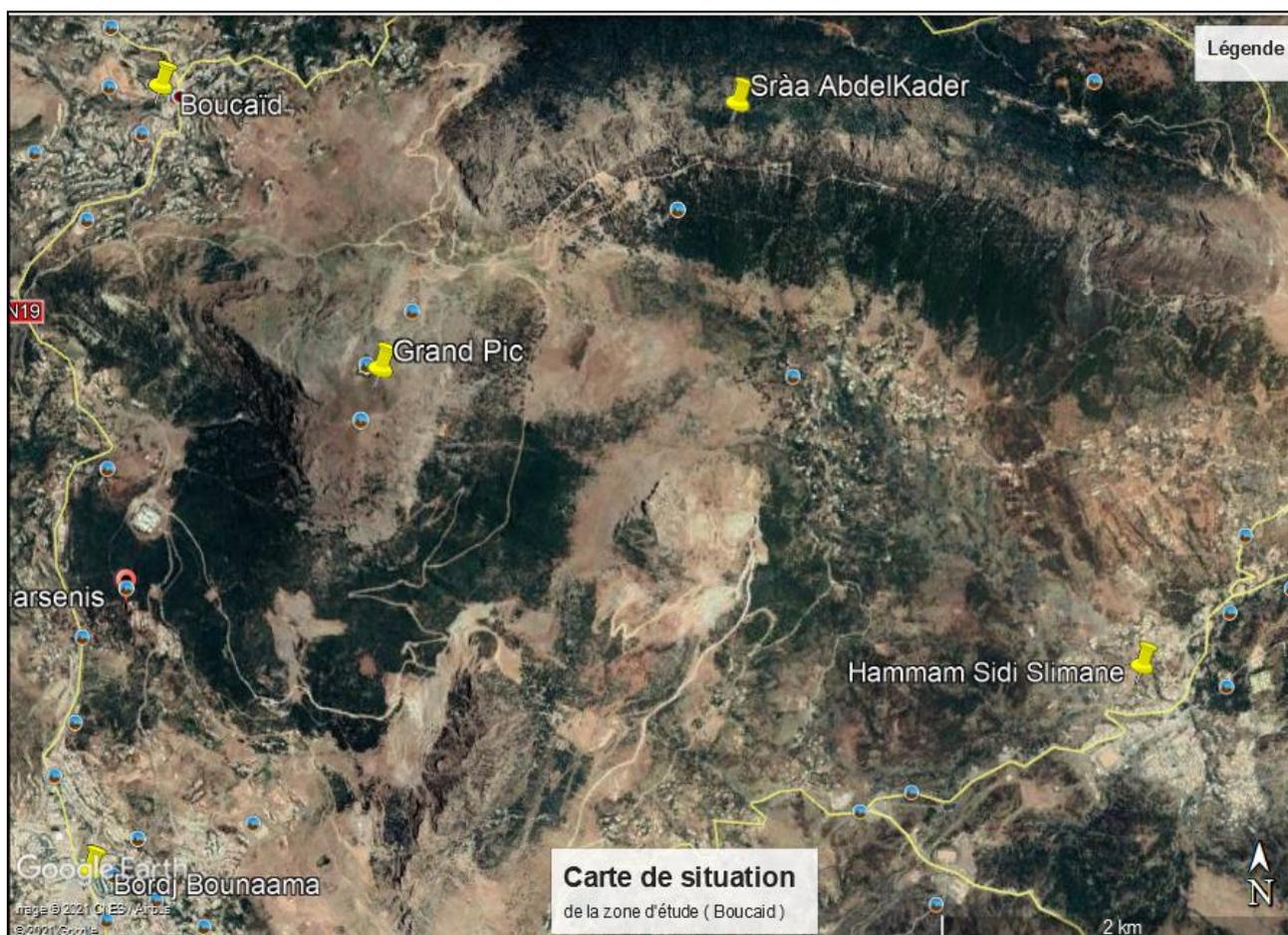


Figure 1: Situation géographique de la région de Boucaïd par rapport à l'Ouarsenis (image sat Google earth).

Le domaine tellien comporte trois grands ensembles qui sont du nord au sud:

- Les massifs côtiers;
- Les plaines médianes;
- Les massifs intérieurs.

Les massifs intérieurs sont représentés d'Ouest en Est par:

- Les monts de Tessalla;
- Les monts de Béni Chougrane;
- Les monts de l'Ouarsenis;
- Les monts de Bibans;
- La chaîne numidique (région constantinoise).

Les monts de l'Ouarsenis font partie intégrante des massifs intérieurs sur la bordure Sud-tellienne et sont limités, au Nord par la plaine de Chéelif, au Sud par les Hautes -Plaines, à l'Est par les monts de Bibans et à l'Ouest par les monts de Béni Chougrane. Le relief est très accidenté, avec des dénivelées de 500 à 900m, ce qui explique les conditions d'affleurement excellentes, dont les formes positives de la topographie sont constituées de pointements de roches jurassiques composées le plus souvent du calcaire. Ces derniers affleurent sous forme de crêtes étroites et de sommets rocheux. Les massifs sont peu boisés et la végétation n'est observée qu'au pied des montagnes partie la plus élevée du massif appartenant au système montagneux de l'Atlas tellien.

L'Ouarsenis s'étale sur 200km de longueur environ. Il montre deux parties, une orientale et l'autre occidentale par rapport au massif du Grand Pic culminant à 1985m. (Mattauer 1958).

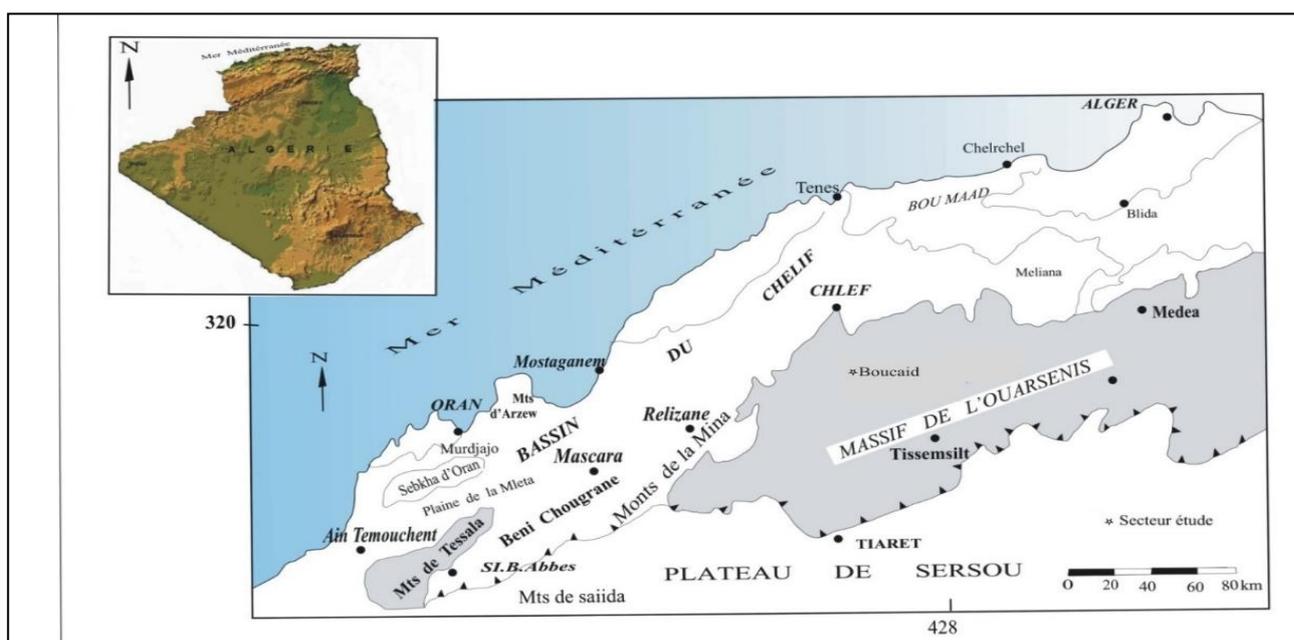


Figure 2 : Situation et limites géographiques du massif de l'Ouarsenis (in. Benhamou, 1996)

II-2- La région de Boucaïd

La région de Boucaïd constitue une zone de jonction entre l'Ouarsenis oriental et occidental.

Elle se situe à 200 km à vol d'oiseau à l'Est d'Oran.

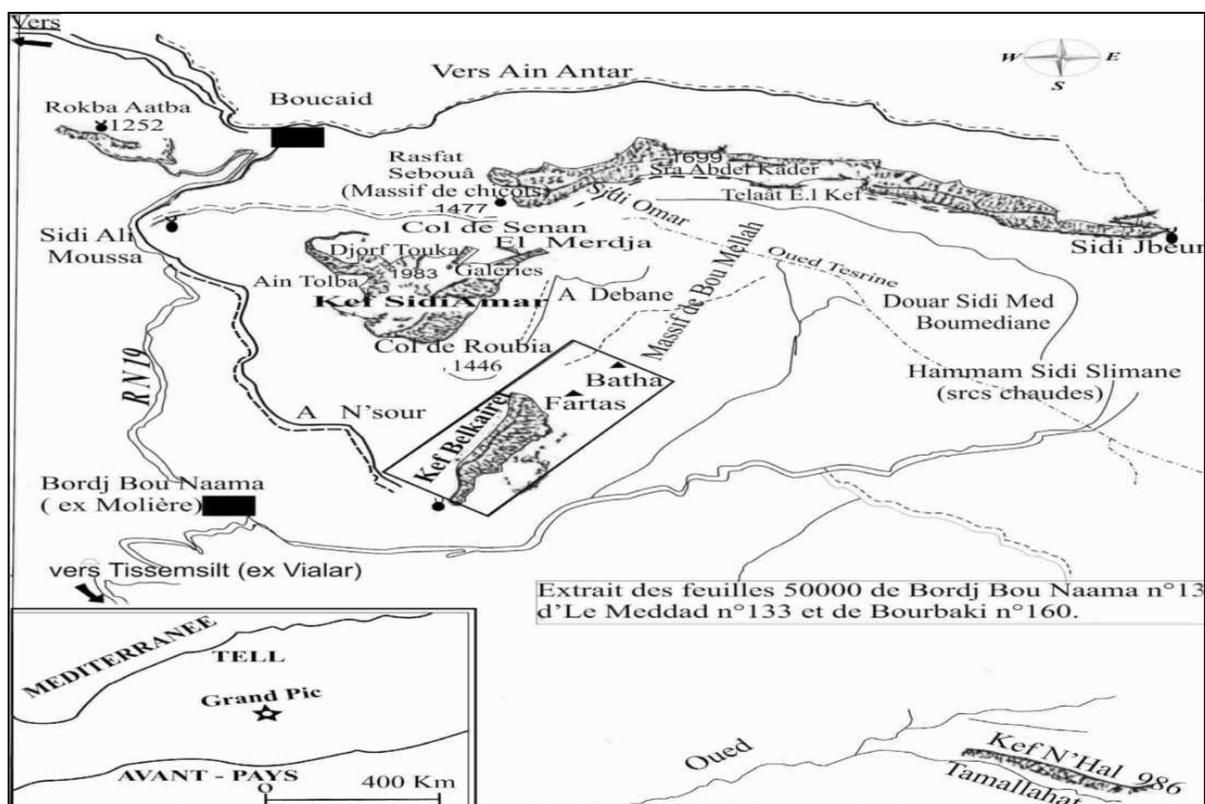


Figure 3 : Schéma montrant la situation secteur de Boucaïd par rapport aux grands ensembles morphologiques du Grand Pic (d'après Zeghari 2009, modifiée).

III- GEOMORPHOLOGIE, HYDROGRAPHIE ET CLIMATOLOGIE

Les monts de l'Ouarsenis sont des massifs montagneux imposants qui surplombent toute la région du bas Chélif au Nord et celui des hauts plateaux au Sud, plaines de Tiaret et Tissemsilt, dont l'altitude atteint 1987 mètres.

Le climat est de type méditerranéen (semi-aride), à hiver froid et humide et à été sec et chaud au sud et au centre de la wilaya et sub-humide dans le massif de l'Ouarsenis, la pluviosité est irrégulière, la pluviométrie variable se situe entre 400 et 600 mm/an.

La température est de l'ordre de -4 à -5°C en hiver et 35°C en été, les vents soufflent en général du Sud et l'Ouest en hiver et du Nord-est et Est pour le reste de l'année.

-Les eaux superficielles : La zone de l'Ouarsenis est un réservoir d'eau par sa formation calcaire qui laisse les eaux s'infiltrer.

Le réseau hydrologique est essentiellement constitué de oueds intermittents dont l'écoulement dépend de la pluviométrie (ils sont généralement secs en été).

Les principaux oueds sont l'Oued Ateba, qui passe au niveau du chef-lieu de la commune, et l'Oued Beni-Boudjemaâ.

A l'Est de la commune de Bordj Bounaâma, on a l'Oued El Bhar qui traverse cette partie du territoire en prenant naissance dans ses limites Sud avec l'Oued Khanous.

-Les eaux souterraines : Les réservoirs d'eau sont surtout contrôlés par les masses calcaires dont la tectonique a favorisé la circulation des eaux pluviales tout en provoquant la dissolution des minéraux constitutifs.

Les sources exogènes n'ont pas un grand débit, à cause de l'enfouissement du réseau hydrographique qui reste généralement en dessous du niveau atteint par les marno-schistes, le drainage des nappes se faisait naturellement par les failles.

Le poids hydrologique dans la région a donné naissance à des puits et des sources localisés dans les différents villages pour les besoins de consommation locale.

Parmi ces sources, nous notons: La source d'Ain Tolba, la source d'Ain Khadra, la source d'Ain N' Soura, la source d'Ain Kahla, la source d'Ain Fouara, et la source d'Ain Milina.

IV- METHODOLOGIE ET OBJECTIF DE D'ETUDE

IV-1- Méthodologie

Dans le présent travail qui nous a été confié est l'étude des gisements à baryte que recèle la région de Boucaïd (Ouarsenis). Pour exécuter ce travail, deux étapes fondamentales ont été nécessaires :

1- Première étape, une mission de terrain de cinq jours a été organisée sur le site de Boucaïd avec l'aide et le concours de la Société ENOF. Sur le lieu nous avons eu connaissance sur la géologie, d'une manière générale, puis sur les gisements miniers de baryte. Cette étude de terrain consiste :

- à déterminer la position des corps de minéraux utiles en coupe stratigraphique, leur relation avec les complexes de roches encaissantes, le rapport avec les assises de

minéralisation, l'influence de la tectonique sur les conditions de localisation et la morphologie des gisements. La méthode essentielle d'investigation est la cartographie géologique.

- les différentes minéralisations existantes sur place, la chronologie de leurs dépôts et la nature des fluides responsables de leurs mises en place.
- L'étude des gisements minéraux est pour établir les conditions géologiques de leur formation et à estimer les possibilités de leur exploitation industrielle.

Pendant notre séjour sur le terrain nous avons visité et prospecté les gisements à baryte. Nous avons procédé à un échantillonnage important de baryte.

2- Deuxième étape, est un travail de laboratoire. Les échantillons acheminés au laboratoire des lames minces (Département de GEOLOGIE du Faculté Sciences de la Terre et de l'Univers) sont préparés pour être étudié. Cette étape consiste à confectionné des lames minces. Ainsi les échantillons sont scillés pour établir des sucres, puis coller et ensuite passés dans une machine rectifieuse. Après phase de finition, les lames sont polis à la main jusqu'à où elles sont prêtes pour l'étudier au microscope.

IV-2- Objectifs de l'étude :

Après l'achèvement des lames minces, vient l'étude minéralogique qui constitue le but et L'objectif de ce travail. Cette étude consiste à étudier :

- Une synthèse bibliographique des différentes thèses, mémoires et rapport réalisés sur la région.
- la substance minérale, sa composition chimique et les propriétés physico-techniques des minéraux utiles, la texture et la structure des minerais..
- La composition de la substance minérale, pour déterminer les éléments constitutifs principaux et secondaires, intéressants pour l'espèce de la matière minérale ainsi que les lois de leur distribution dans le contour des corps minéraux.
- Une étude détaillée des lames minces, afin de mieux comprendre la relation minéralisation encaissant et déterminer la succession paragénétique appropriée.

V- HISTORIQUE DES TRAVAUX ANTERIEURS

Dans le cadre d'une étude complète dans les monts de l'Ouarsenis, de nombreux travaux ont été réalisés sur la recherche minière et sur la géologie générale :

V-1- Les travaux concernant la recherche minière :

Les gisements de Pb-Zn de l'Ouarsenis, exploités depuis l'époque romaine ont fait l'objet de plusieurs études et explorations par différents géologues.

- En 1936, Dalloni publie un bulletin intitulé «Matériaux pour l'étude géologique du massif de l'Ouarsenis».
- Entre 1971 et 1973, des travaux de recherche et de prospection ont été entamés sur les différents chantiers du gisement par Alexeev et Baurmistrov.
- A partir de l'année 1976, la mine est opérationnelle, et l'exploitation de la barytine se poursuit jusqu'à présent par la société ENOF.
- 2012, Louha H. a présenté un mémoire de Magister (USTHB, Alger) intitulé «contribution à l'étude géologique du gisement de Boucaïd (Ouarsenis, Tissemsilt) où elle a défini deux types de minéralisation (filonienne et karstique).

V-2- Les travaux concernant la géologie générale :

- Entre 1889 et 1895, les premiers travaux sur la région furent effectués par C. Nicaise (1869), Ficheur (1889-1891), Pomel (1890) et Ripelin (1895) qui ont découvert et étudiés les premiers fossiles découverts dans cette région. Les grands traits de la structuration et la tectonique de la région a été réalisée par J. Welsch, 1890 ; .M. Bertrand, 1891 ; J. Replin, (1895).
- En 1948, Flandrin présentait une synthèse du Nummulitique algérien incluant l'Ouarsenis oriental dans ses reconstitutions paléogéographiques.
- 1949-1950, Mattauer, Caire et Glangeaud ont entrepris la révision de la feuille géologique au 1/50000 de Miliana, pour aborder en 1951, l'étude du massif de l'Ouarsenis Oriental.
- En 1952, Calambert publie « Etude géologique du massif culminant de l'Ouarsenis» et une importante monographie exclusivement consacrée au massif culminant et accompagnée d'une carte au 1/10000.
- En 1958, Mattauer publie « Etude géologique de l'Ouarsenis Oriental »;
- En 1960, Polvêche a étudié la géologie de l'Ouarsenis Oranais.
- En 1968, Fares K. a soutenu sa thèse de doctorat sur l'étude stratigraphique et micropaléontologique du Jurassique du Tell algérien (massif culminant de l'Ouarsenis, Oued Fodda, massifs de la plaine du Chélif et Babors).
- 1986, Kazi-Tani a fait ressortir les grands traits de l'évolution verticale de la série, du Kef Sidi Amar ainsi que leurs variations latérales.
- En fin en 1991, Atrops, Benest et Benosman, ont fait une étude stratigraphique sur le Malm-Berriasien du Grand Pic et la même année ces auteurs avec en plus de Almeras ont publié un article sur la découverte et dynamique d'une transgression au Callovien sur le socle tardi-hercynien dans le domaine sud tellien (Ouarsenis, Algérie).

Du point de vue stratigraphie et définition des formations, nous citons : L. Calambert, (1952) ; G. Lucas, (1952-1955); J. Polvêche (1962) ; C. Augier, (1967) ; F. Atrops *et al*, (1991).

- 1996, Benhamou a soutenu une thèse de Doctorat sur le pic de l'Ouarsenis intitulée "Evolution tectono-eustatique d'un bassin de la Téthys Maghrébine : l'Ouarsenis (Algérie) pendant le Jurassique inférieur et moyen". Dans ce travail important, cet auteur a utilisé une analyse pluridisciplinaire combinant des études biostratigraphiques, sédimentologiques et tectoniques.

- Nous citons un certain nombre de mémoires d'ingénieurs ayant travaillé sur cette région :

- 1992, K. Atif, a présenté une étude stratigraphique, sédimentologiques et évolution paléogéographique de la " Formation des calcaires bleus de Djorf Touka".

- 1992 Lachkar N a étudié « La lithostratigraphie et la diagénèse de la série carbonatée du jurassique inférieur et moyen de Srâa-Abdelkader . Dans la même année,

- 1992, A. Gabani a analysé la boutonnière de Koudiat Larouah du point de vue lithostratigraphique et sédimentologiques.

- 1994, A. Aribi, a présenté une étude pétrographique des dépôts détritiques (sédimentologie, séquences et environnements) où il a fait ressortir que cette sédimentation disparaît latéralement.

- de 1996 à 1997, A. Abbache (1996). K. Moumou (1997) et O. Benzahkroufa (1997) ont étudié respectivement un exemple d'une sédimentation réduite contrôlée par un paléo relief Carixien de Rokba-Aatba et l'évolution spatiotemporelle d'une unité lithostratigraphique par le contrôle allocyclique et autocyclique.

- 1998, Z. Lallagui, a analysé d'une façon approfondie la plateforme carbonatée liasique de la Formation carbonatée de Kef Sidi Amar.

- 1999, D. Bouras (1999) a focalisé son étude sur le dynamisme de la transgression bajocienne.

-Concernant les travaux de Mémoires de Magister, il convient de citer :

- 2006, M. Benyoucef a présenté un mémoire intitulé : Les flyshs albo-Aptiens de l'Ouarsenis oriental (Algérie du Nord): Aspect sédimentologiques et reconstitution paléogéographique.

- 2007, M. Zaâgane a présenté intitulé : Etude géostatistique des éboulements sur les versants du Grand Pic de l'Ouarsenis : porteur des risques sur la population limitrophe.

- 2009, Zeghari A, a présenté un Mémoire d'Ingénieur intitulé : étude sédimentologique et structurale du bloc Belkheirat (Sud du Grand Pic de l'Ouarsenis).

CHAPITRE II :

GEOLOGIE DE LA REGION

D'ETUDE

(REGIONAL & LOCAL)

I-LITHOSTRATIGRAPHIE DE LA REGION D'ETUDE :

I-1-L'OUAISENIS :

La stratigraphie de l'Ouarsenis englobe des terrains appartenant au Paléozoïque, au Mésozoïque et au Cénozoïque et au Quaternaire.

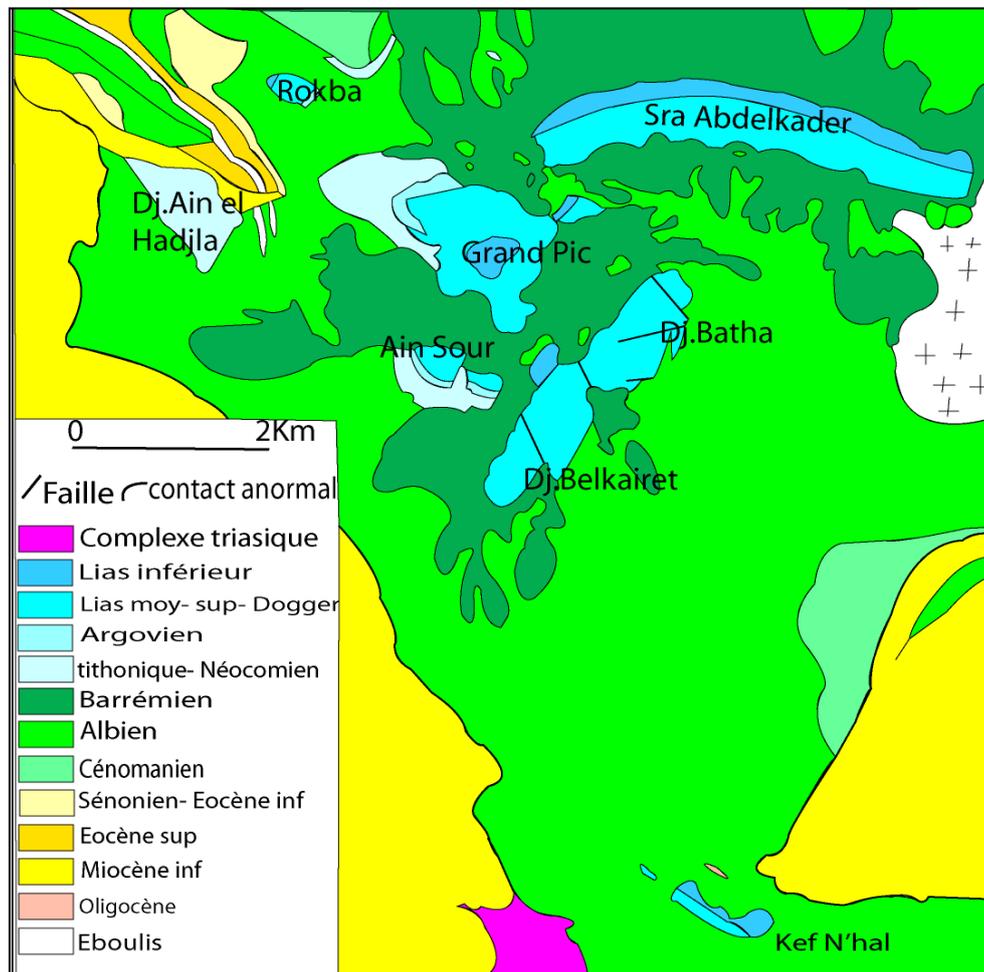


Figure 4: Esquisse géologique du massif de l'Ouarsenis (M. Mattauer 1958).

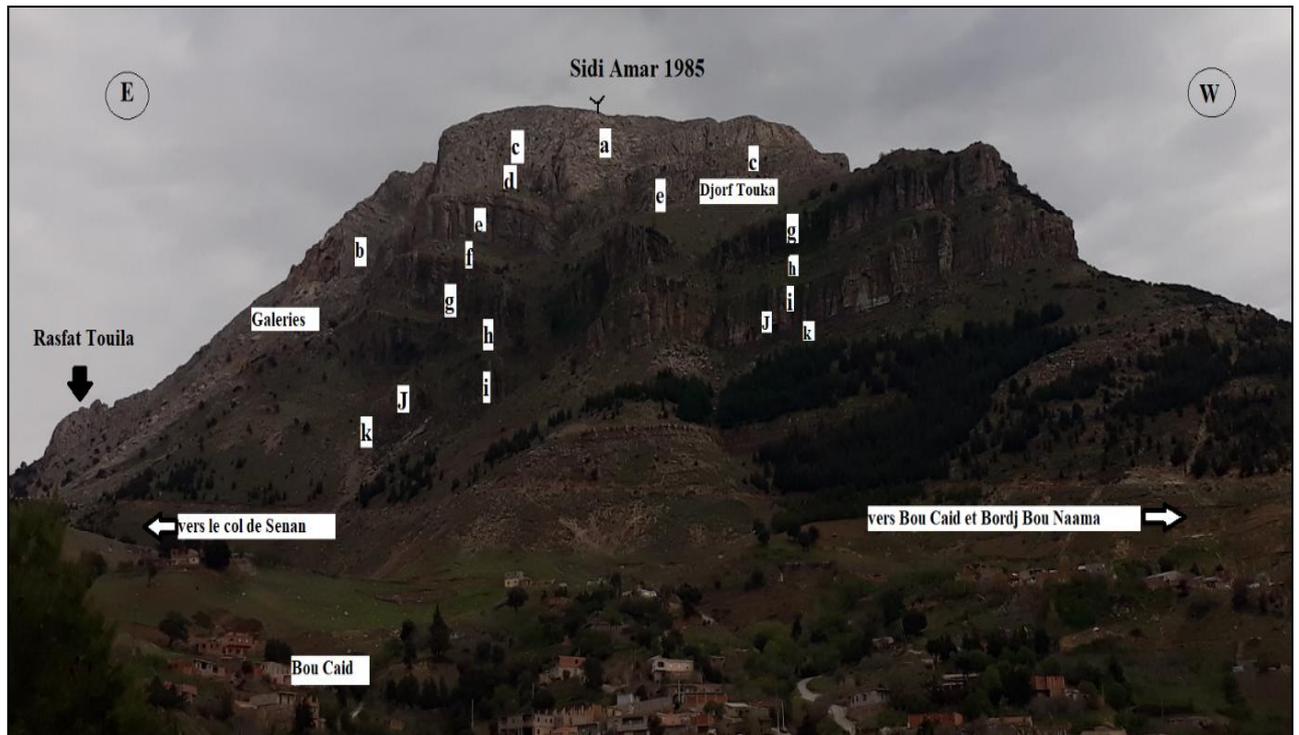
-Le massif de l'Ouarsenis formé essentiellement de terrains calcaires et dolomitiques d'âge jurassique, formant des extrusions au sein de formations argileuses crétacées.

-Ces massifs occupent une superficie de 25 à 30 Km², il s'agit du massif du Grand Pic, le massif de Srâa Abdelkader, le massif de Belkheïrat, de Batha, de Rokba et certains blocs de glissement par gravité.

-Ces massifs jurassiques font partie du «Complexe A» ; qui se traduit par un bombement à très grand rayon de courbure laissant apparaître d'importants lambeaux calcaires jurassiques sous formes d'extrusions, ou en lames de charriage (Belkheïrat et Rokba).Mattauer (1958),

I-2-1-LA REGION DE BOU CAID :

Le champ minier dit de Bou Caïd se localise dans la partie la plus élevée du massif montagneux de l'Ouarsenis qui fait lui-même partie de l'Atlas Tellien, composé essentiellement de dépôts sédimentaires qui du point de vue stratigraphie vont du Trias au Quaternaire.



a- Dolomies inférieures ; **b-** Tidalites calcaréo-domitiques ; **c-** Calcaires compacts oolithique ; **d-** Vallée incisée ; **e-** Calcaires micritiques de Djorf Touka ; **f-** Marno-calcaires à brachiopodes ; **g-** Formation détritique de senan ; **h-** Cacaïres à silex ; **i-** Marno-calcaires à zoophycos ; **j-** Calcaires à filaments ; **k-** Ammonitoco-rosso « argovien ».

Photo 2: Le Grand Pic (= Kef Sidi Amar) vu du Nord (Benhamou,2016) Modifié .

Le substratum permo-triasique dans le massif de l'Ouarsenis est surmonté par des terrains transgressifs de la succession jurassique. La série stratigraphique de l'Ouarsenis est la suivante:

A- Le Paléozoïque :

Comme partout dans le Tell algérien, la stratigraphie du Paléozoïque de l'Ouarsenis est mal connue. Les affleurements de cette époque peuvent être répartis en trois catégories (Mattauer, 1958) ;

- un Primaire en place des massifs du Chélif ;
- un Primaire emballé dans le complexe triasique ;
- un Primaire en galets dans le Miocène inférieur.

Le Permo-carbonifère est représenté par un socle cristallophyllien suivi par un matériel métamorphique schisto-calcaire, schisto-quartzitique, schisto-gréseux et détritiques conglomératique (Mattauer, 1958).

B- Le Mésozoïque :

B- 1- Le Trias : Dans l'Ouarsenis, le Trias y apparaît la plupart du temps en position anormale, et ne livre aucune faune. Il est sous forme d'un complexe gypso-salin et dolomitique, associés à des roches magmatiques (comm. Orale, Benhamou) ,il comporte des dépôts évaporitiques et carbonatés. Il ne livre aucuns fossiles (Mattauer, 1958).

B- 2- Le Jurassique : Les travaux récents sur les affleurements jurassiques (Benhamou, 1996) montrent qu'il est caractérisé par des dépôts carbonatés et détritiques de plate-forme peu profonde à profonde. Ces affleurements présentent une série jurassique tectoniquement renversée.

Il est bien visible dans les régions suivantes :

- zone de Chélif (autochtone) ;
- zone de Koudiat Larouah (autochtone) ;
- massif culminant de l'Ouarsenis (para-autochtone).

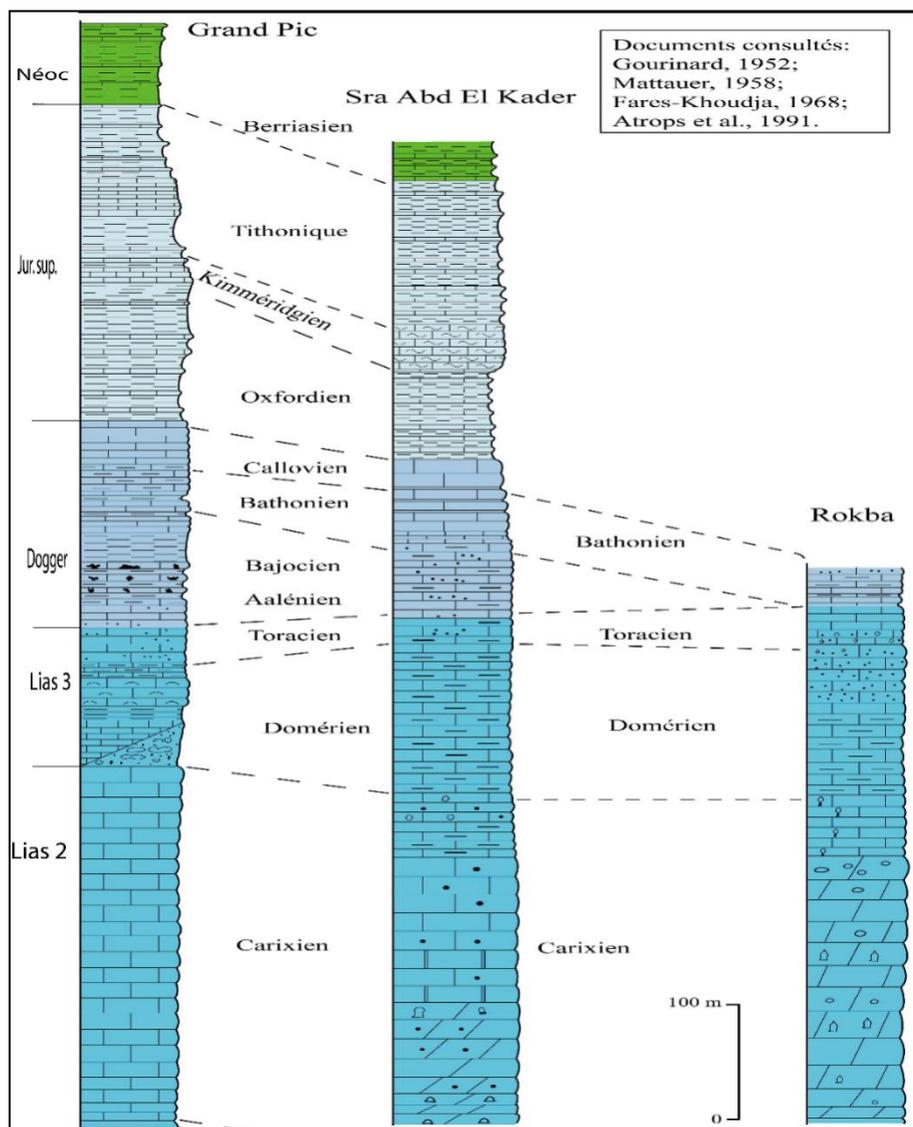


Figure 5: Logs Stratigraphiques du jurassique du massif de l'Ouarsenis (Kireche, 1993).

Le Jurassique est caractérisé par des dépôts carbonatés et détritiques de plate-forme peu profonde à profonde.

I-3-1- Jurassique supérieur :

3-1-1- Lias inférieur :

Il est constitué principalement par des dolomies et calcaires dolomités, de brèches sédimentaires de dolomies, filons de barytine, zones de barytisation, de minéralisation polymétallique sulfurée avec de la barytine ou dans les fissures provoquées par la tectonique. Les formations de cet âge sont reconnues sur les massifs du Grand Pic et de Srâa Abdelkader, leur épaisseur atteint 110 à 250m.

3-1-2- Lias Moyen et Supérieur :

Les dépôts du Lias moyen et supérieur se développent sur l'ensemble des massifs, leur épaisseur varie entre 300 à 470m.

Les dépôts sont essentiellement constitués de calcaires massifs à grains fins parfois oolithiques et de rares bancs de conglomérats et brèches calcaires et de marnes. Dans la partie inférieure de la coupe les calcaires sont souvent dolomités et ont un aspect brêchoïde. Il y a lieu de signaler la présence de filons et corps de barytine avec de la calcite, des minerais polymétalliques sulfurés et oxydés. Notons aussi l'apparition des silex au Lias supérieur.

3-2- jurassique moyen (Dogger)

Il est caractérisé par deux barres massives, épaisses chacune d'une cinquantaine de mètres :

-La barre supérieure est formée de grès quartzeux en gros bancs à intercalation de gravelles à petits éléments de quartz bien roulés (observables au niveau du Grand Pic).

-La barre inférieure se compose principalement de calcaires lités, souvent gréseux, argileux, silicifiés (silex rubané) à passées de marnes. On note la présence de filons de barytine à minéralisation de galène (épaisseur : de 0 à 130m).

3-3-jurassique supérieur (Malm) :

Intercalations de calcaires, calcaires marneux et de marnes.

-Callovien : Calcaires gris à rares filaments et à Ammonites

-L'Oxfordien : L'Oxfordien est constitué par une alternance de calcaires rognoneux rouges à interlits argileux, à débris d'Entroques, il est de types Ammonitico-rosso.

-Le Kimméridgien : Est formé de faciès calcaires et marno-calcaires.

-Le Tithonique : Est constitué de calcaires en petits bancs et marno-calcaires très clairs.

Son épaisseur varie de 40 à 300 mètres.



Photo 3: Photographie des bancs de calcaires décimétriques riches en Ammonitico-rosso.

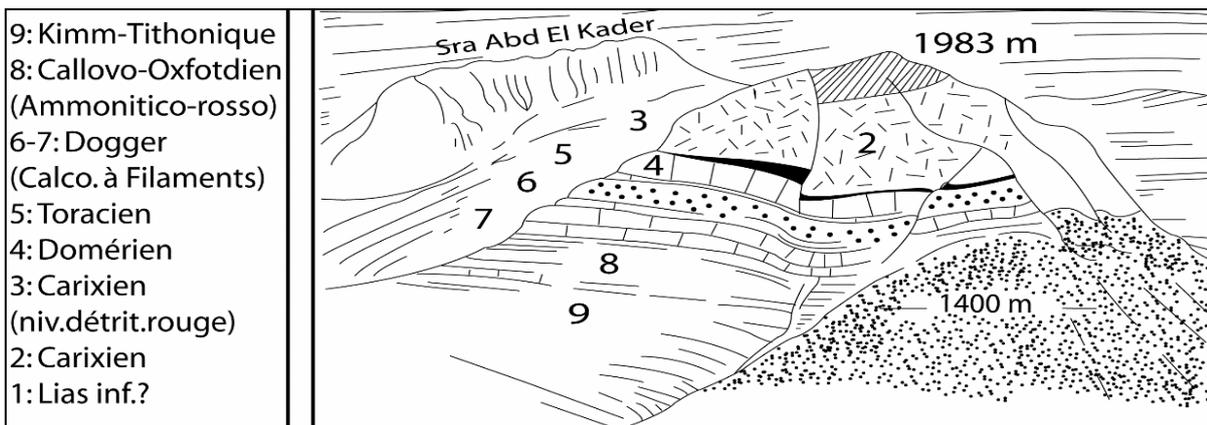


Figure 6: Croquis du Grand Pic avec Sra Abdelkader (Mattauer, 1958).

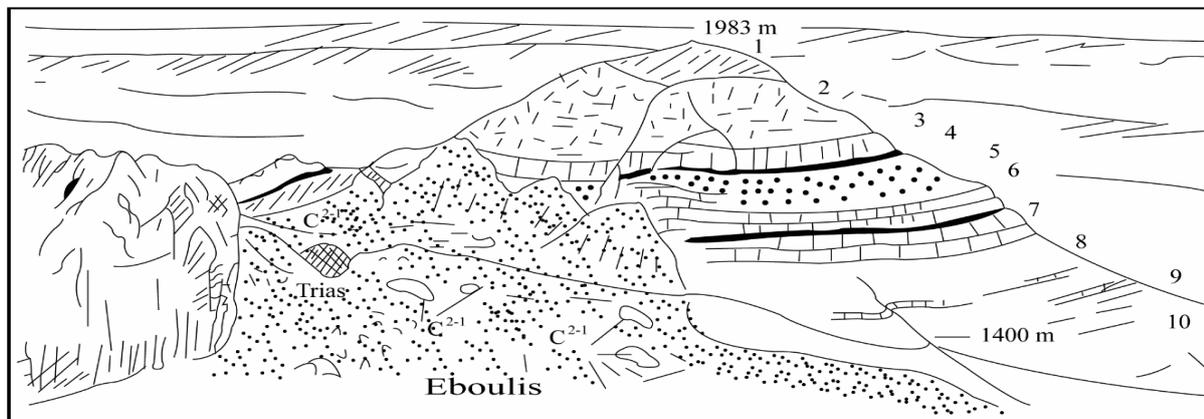


Figure 7: Croquis de la série renversée du Grand Pic de l'Ouarsenis. (Mattauer, 1958).

4- Le Crétacé : Il est caractérisé par des dépôts marneux parfois à intercalations avec des bancs de calcaires d'âge Valanginien (Chérif, 2008) et des dépôts grés-marneux à flysch d'âge Aptien inférieur, (Benyoucef, 2006).

4-1 - Néocomien :

L'étude de terrain (d'après Calambert, 1952) montre que les lambeaux néocomiens sont nombreux et riches en macro fossiles.

Le Néocomien est représenté par les formations calcaires lusitaniennes, les marnes schistoïdes, les calcaires blanchâtres ou jaunâtres, les grés quartzitiques et les argiles.

Il affleure au niveau du Grand pic où l'épaisseur est de l'ordre de 150m du coté nord-ouest et de 50 à 70m du coté Est et à Srâa Abdelkader ; par contre ils sont absents à Rokba et Belkheïrat.

4-2-Albo-Aptien :

Formé essentiellement de schistes argileux à intercalations de grés, quartzites parfois de marnes et de conglomérats.

L'Albo-aptien affleure essentiellement aux niveaux du flanc Ouest-Nord-Ouest du Grand pic, au pied du massif de Bou Maalah, au Sud de Belkheïrat, et au versant Nord-est du djebel Betha.

C- Le Cénozoïque :

Les dépôts de la région de l'Ouarsenis sont le plus souvent marneux à l'exception de la période entre le Paléocène et l'Eocène inférieur qui est marquée par des faciès marno-calcaires et grés-glaucieux.

Le Miocène supérieur est représenté par des dépôts de marnes analogues à celles de l'Eocène. Des dépôts gréseux évoluent latéralement vers l'Ouest en formations rougeâtres conglomératiques (Mattauer, 1958), tandis que les placages de cailloutis marquent le Pliocène.

D-Le Quaternaire:

En raison de la forte érosion qui a disséqué le Tell méridional, les dépôts plioquaternaires n'ont été conservés que sur les hautes plaines et dans le bassin du Chélib où ne forment que de minces placages et des alluvions récentes des vallées, elles sont plus souvent limoneuses. Les moyennes et les hautes terrasses sont généralement caillouteuses.

La stratigraphie du massif de l'Ouarsenis décrite par L.Calambert (1952) et M.Mattauer (1958) est représentée dans le tableau ci-dessous :

Age		Formations
Aptien-Albien		Marnes et schistes. Lentilles gréseuses. Nodules ferrugineux. Conglomérats.
Néocomien	Hauterivien	Nombreuses Ammonites pyriteuses, microfaunes riches.
	Valanginien	Bancs calcaires bariolés à la partie inférieure, puis calcaires en dalles, marnes sublithostratigraphie,
Malm	Tithonique - Berriasien	Strates régulières de marnes et de calcaires jaunâtres alternant avec des calcaires foncés à grains fins; fossiles rares, microfaune abondante.
	Lusitanien	Bancs alternant de calcaires bariolés, rognoneux ou compacts, et de marnes schistoïdes; Fossiles abondants.
Dogger	Callovien-Oxfordien	Bancs marno-calcaires. Bancs bariolés interstratifiés à la partie supérieure.
	Bathonien	inexistant ou très réduit.
	Bajocien	Formations de poudingues riches en micro-organismes. Grès. Calcaires à silex. Calcaires en strates régulières. Fossiles abondants.
Lias	Lias supérieur	Bancs calcaires bien réglés. Calcaires à silex au sommet. Niveaux conglomératiques ; fossiles abondants.
	Lias moyen	Bancs calcaires blanchâtres. Filons puissants de baryte et de calcite.
	Lias inférieur	Dolomies calcaires dolomitiques. Veines de baryte et de calcite.
Trias		Dolomies, gypse, argiles bariolées, cargneules. Ophites, roches cristallophylliennes, roches éruptives.

Tableau 1: Stratigraphie du mont d'Ouarsenis (DELGA .M, paléogéographie structural de l'Algérie Tellienne, 1956).

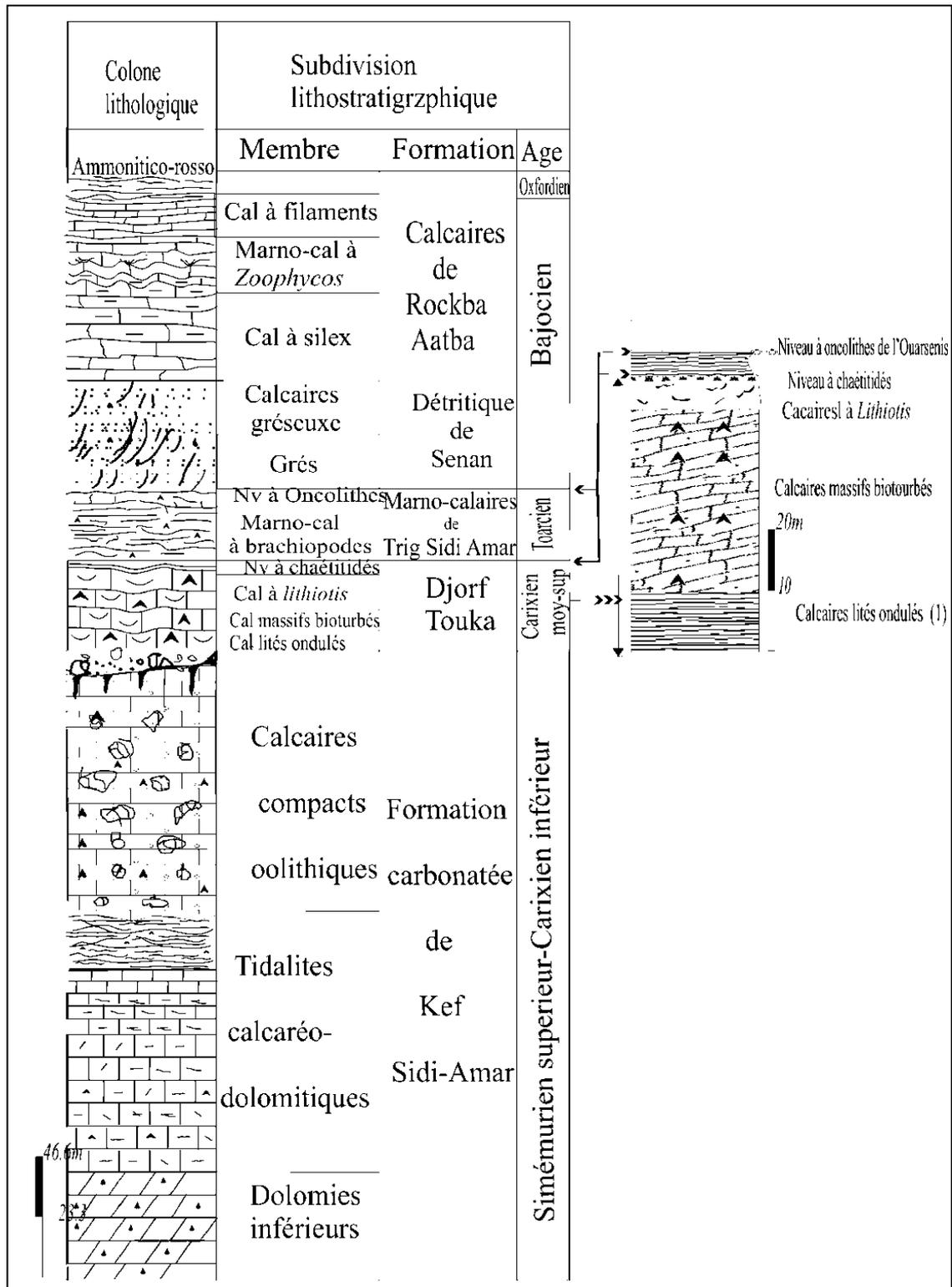


Figure 8: coupe synthétique de référence (Benhamou ; 2016).

II- EVOLUTION STRUCTURALE ET PALEO GEOGRAPHIQUE :

II-1-Tectonique

De nombreuses hypothèses ont été avancées sur l'histoire de la formation du champ minier de l'Ouarsenis :

- ✓ Ecailles extrusives
- ✓ Plis diapir
- ✓ Nappes de charriages
- ✓ Anticlinaux déformés etc.

Dans le cadre des travaux de prospection menés par la SONAREM, l'hypothèse qui a été retenue en 1976 dans le cadre de ce projet est :

- ✓ Le massif de roches jurassiques a été amené en surface à la faveur

D'une faille profonde de direction sublatitudinale à l'époque : Post-Crétacé Inférieur.

A la suite des contraintes tectoniques ce massif a été morcelé en plusieurs blocs.

- Dans la partie occidentale au niveau de la bande des contraintes maximales, certains blocs ont été arrachés du socle et déplacés en direction du Sud-Est : massifs de Belkheirat et de Rokba.
- Vers l'Est les contraintes deviennent moins fortes et le bloc a été déversé sans grand déplacement : Grand Pic.
- L'action des contraintes tectoniques de même direction sur le massif d'Abdelkader s'est traduite par le reversement partiel vers le Sud-Est de son flanc occidental.
- Tardivement, après la stabilisation tectonique, sur le versant du Grand Pic se manifestent les phénomènes de détachement et de glissement par gravité des blocs, où on observe la disposition renversée des roches jurassiques.

La tectonique ayant affectée intensément le massif de l'Ouarsenis est à l'origine des déplacements des nappes.

Il en résulte un anticlinorium à ennoyage vers le Nord-est constituant ainsi l'ossature du massif montagneux, et un flanc inverse l'anticlinal couché au Sud remplissant l'aire synclinale.

Ceci ayant été à l'origine de nombreux accidents tectoniques affectant les différentes masses calcaires beaucoup plus favorables à la cassure que les terrains plus souples des pays environnants, leurs donnant ainsi un aspect plus complexe et écaillé, caractérisant chacune des grandes masses calcaires.

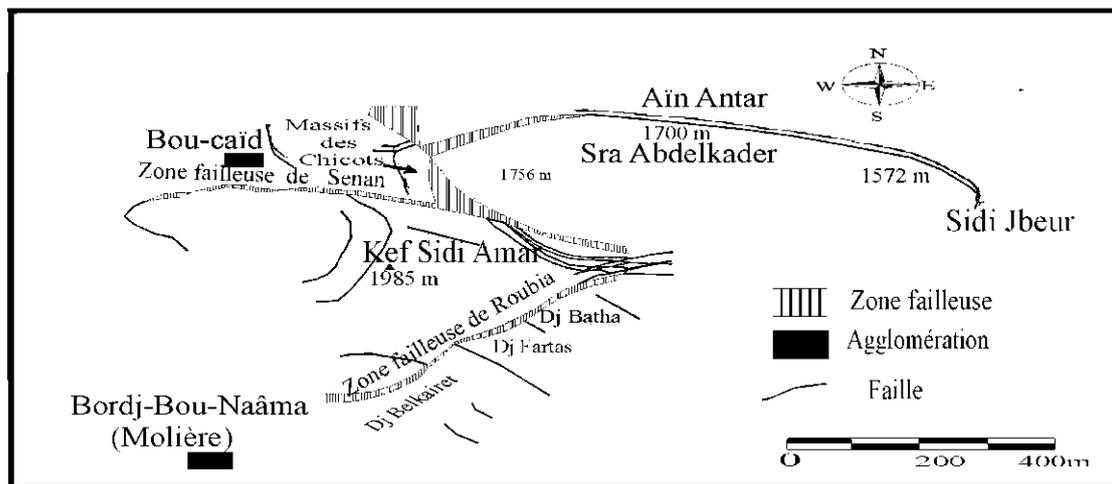


Figure 9: Traits structuraux du secteur d'étude. (D'après Calembert, 1952 ; Benhamou, 1996, modifiée).

II-2-L'Autochtone:

Ces massifs présentent une structure relativement simple. Il s'agit des anticlinaux d'orientation générale Est-Ouest. Ils sont dissymétriques, car le flanc Nord-est affecté par de nombreuses failles. Tandis que le flanc Ouest est caractérisé par une faille Nord-Sud et à l'Est par une faille subméridienne (Mattauer, 1958 ; Zeghari, 2009).

2.1. Le Complexe A:

En 1958, M. Mattauer utilise le terme de « Complexe A », pour définir les zones intermédiaires entre la nappe B et l'autochtone, et dont l'amplitude de déplacement n'est pas connue. Ces zones sont constituées essentiellement de Crétacé inférieur et moyen dont la tectonique de détail, est assez complexe, s'apparente à celle de la nappe B qui lui est superposé et s'oppose par contre tout à fait à celle beaucoup plus simple, de l'autochtone.

2.2. L'allochtone (Nappe B) :

De point de vue stratigraphique, cette nappe est représentée par un Crétacé supérieur généralement marneux, un Oligocène et un Eocène à faciès différents de ceux de l'autochtone (Mattauer, 1958 ; Zeghari 2009).

2.3. La Nappe C:

Il s'agit d'imposants couronnent l'allochtone, de point de vue structural, elle constitue l'unité la plus élevée dans l'Ouarsenis.

Elle est caractérisée par une surface de contact anormale de base souvent jalonnée de lambeaux jurassiques généralement peu déformés. Stratigraphiquement, cette nappe est caractérisée par un Crétacé à faciès flyschoides des régions littorales, un Oligocène à faciès « numidien » et un Miocène en galets (Mattaer, 1958 ; Zeghari 2009).

2.4. Les dépôts post-nappes:

Formés de terrains d'âge miocène ou pliocène, ils sont stables et très peu tectonisés. L'Ouarsenis, au dessus de l'autochtone se superpose successivement le complexe A ; la nappe B et la nappe C. les relations entre les nappes et le substratum sont assez nettes.

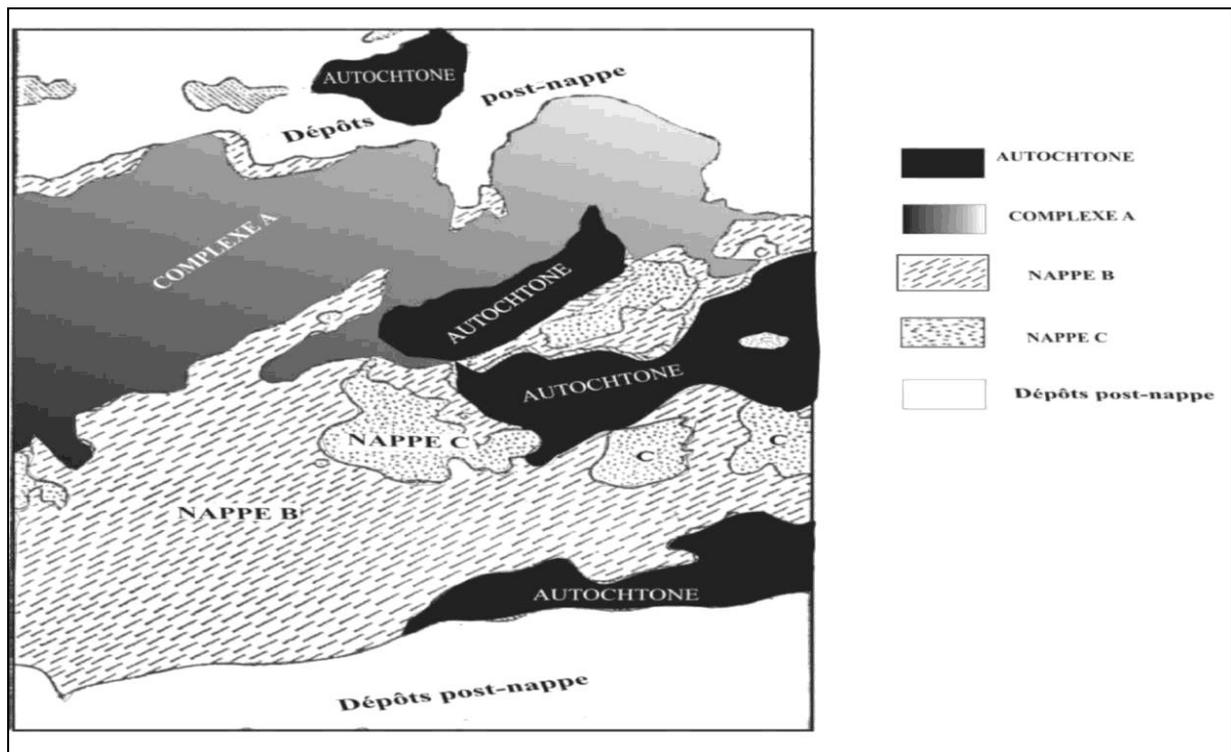


Figure 10: Les unités structurales de l'Ouarsenis (d'après Mattauer, 1958 ; Benhamou, 1996, modifiée).

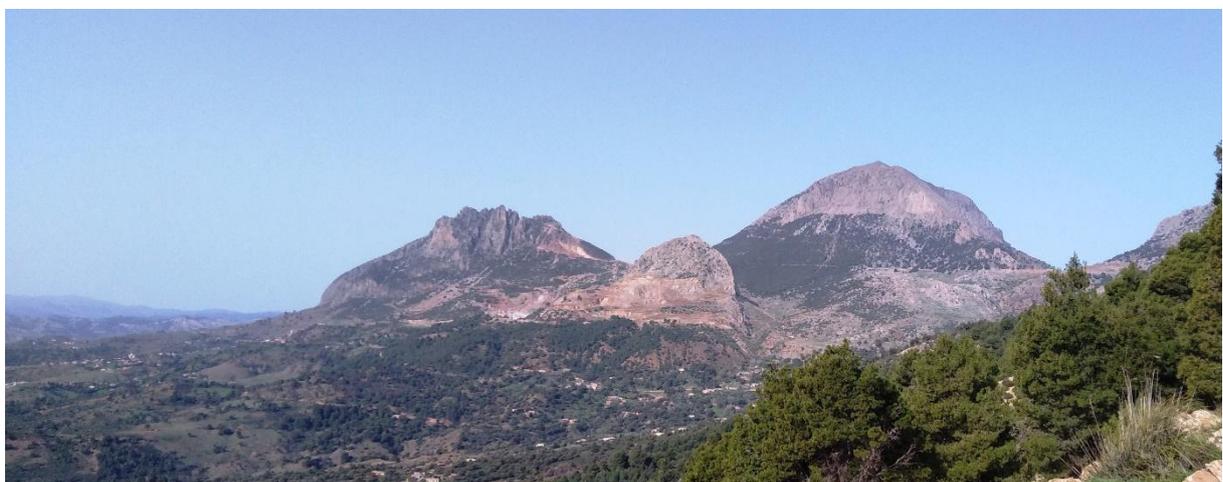


Photo 4: paysage typique de la région de l'Ouarsenis (Grand Pic ; Belkairat ; Batha).



Photo 5: calcaire du jurassique (secondaire & moyen) et le marne de trias (ère secondaire inferieur) .



Photo 6: Alternance des bancs calcaires a nodules et de marne .



Photo 8: Alternance des bancs calcaires et silex .

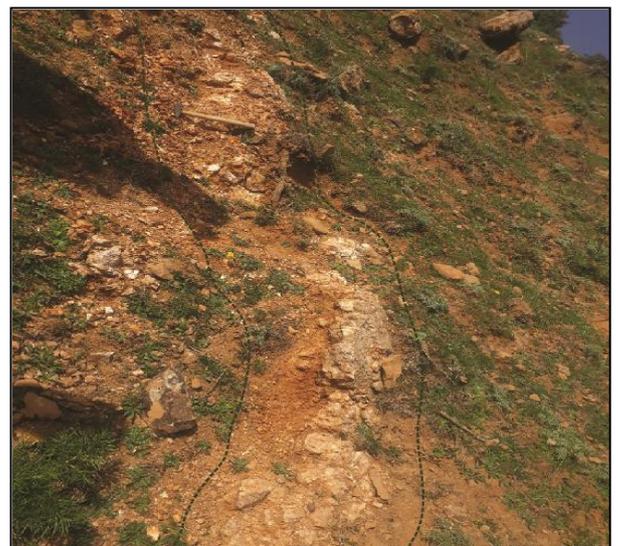


Photo 7: l'indice barytique (filonien) de gisement Bel abbés (300m) NNE-SSW .



Photo 10: le Facies de Bélemnites .



Photo 9: le Facies Ammonitico-Rosso du Malm .

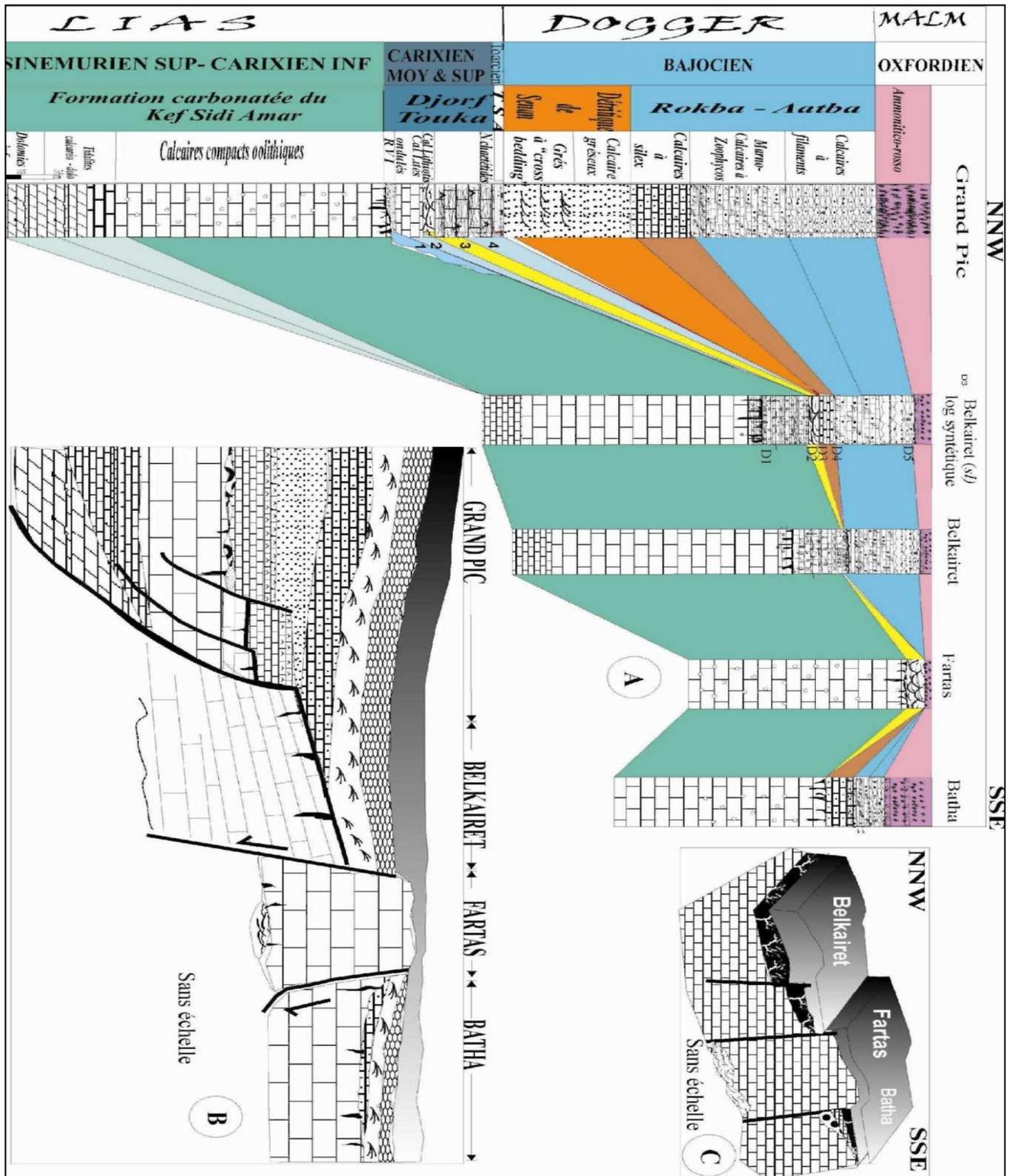


Figure 11: Reconstitution paléogéographique & paléo structurale (A : corrélation / B : 2D / C : 3D) (Zeghari, 2009)

CHAPITRE III:

BARYTINE gisement, Propriétés & usages

I-Introduction :

Le domaine des ressources minérales représente un des volets du grand ensemble des ressources naturelles, à côté des ressources énergétiques et alimentaires, des richesses biologiques, dont la biodiversité, et des ressources que constituent les milieux physiques : sols, eau, atmosphère. Les ressources minérales sont très variées : que peut-on trouver de commun entre un diamant et un granite ? Elles servent à élaborer les matériaux de la vie de tous les jours comme les métaux, le ciment et le plâtre, les tuiles et les briques, les papiers, les verres, etc., qui ont des applications familières et façonnent notre quotidien : bâtiments et travaux publics, moyens de transport, technologies de la communication, informatique et électronique, etc.

Dans l'ensemble des matériaux, les ressources minérales occupent cependant une place à part. Elles ont été formées par des processus géologiques souvent originaux ou exceptionnels, qui ne sont encore que partiellement compris. Le potentiel minier de la Terre est encore mal connu, car les zones minéralisées correspondent à des environnements géologiques plus diversifiés que les gisements d'hydrocarbures. L'exploration des ressources minières avance efficacement avec les progrès des connaissances géologiques et des techniques d'exploration.

La barytine (sulfate de baryum, BaSO_4) est un produit minéral industriel qui est principalement utilisé dans le forage de puits de pétrole et de gaz. Le produit minéral est également appelé baryte ou barytes. C'est un constituant clé de la boue de forage, qui est le fluide pompé dans le puits de pétrole ou de gaz pour lubrifier le trépan et la tige de forage, éliminer les copeaux de roche, empêcher l'effondrement des parois du puits et empêcher les éruptions en cas de surpression de strates. La barytine possède une combinaison inhabituelle de propriétés - haute densité, douceur et inertie chimique - qui la rendent exceptionnellement bien adaptée à cet usage. D'autres utilisations mineures du minéral comprennent son utilisation comme additif pour les matériaux de friction, les peintures, les plastiques, les caoutchoucs et d'autres produits; matière première pour la fabrication de produits chimiques; et le blindage dans les applications de rayons X et gamma. Le baryum, qui constitue 59 pour cent de la barytine en poids, est utilisé dans les glaçures céramiques, les émaux, le verre optique, les apprêts, les torches de signalisation, les durcisseurs d'acier, les flux de soudage. et une variété d'autres produits. La withérite minérale (carbonate de baryum, BaCO_3) est une autre source de baryum qui ne représente qu'une petite fraction de la production actuelle. Le baryum de la withérite est plus concentré que celui de la barytine (le baryum constitue 70 pour cent de la withérite, en poids). De plus, le baryum est plus facilement libéré de la withérite que de la barytine car la withérite est facilement dissoute par les acides. D'autre part, la withérite se trouve normalement dans des gisements plus petits et plus discontinus que les gisements de barytine, et ils sont donc plus difficiles à exploiter.

II. La barytine

II.1. Définition :

Les barytes (ou barytine) sont la forme minérale naturelle du sulfate de baryum. Ses principales propriétés sont sa densité élevée (4,5), sa très faible solubilité; il est non toxique et également chimiquement et physiquement non réactif.

La barytine du grec *barus* ($\beta\alpha\rho\upsilon\varsigma$: lourd), est le sulfate de baryum naturel BaSO_4 . Minéral largement utilisé dans nombreuses filières industrielles du fait de propriété particulières : forte densité ($d=4.48$ quand elle est pur), neutralité chimique, blancheur élevée, faible abrasivité En anglais ce minéral est désigné sous les termes 'baryte' ou 'barite', alors qu'en français la dénomination baryte désigne l'oxyde de baryum BaO .

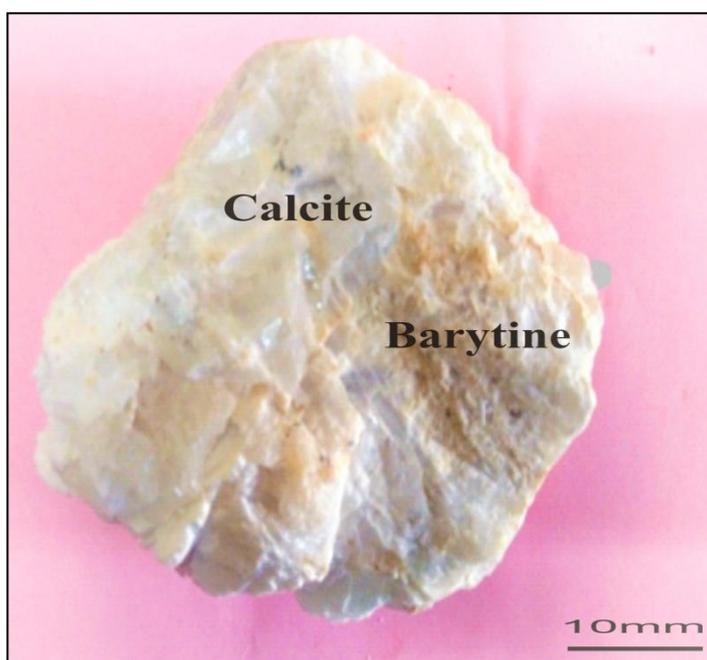


Photo 11: Barytine; texture Massive (Barytine+calcite).

II.2. Formation de Barytine :

La barytine est un minéral assez ubiquiste, présent dans des formations géologiques très vastes, aussi bien dans les socles que dans les bassins sédimentaires :

□ Dans les roches métamorphiques, magmatiques et volcaniques (granites, basaltes), cas le plus fréquent, les occurrences et les gisements sont de types filonien et parfois stratiformes. La barytine étant généralement associée à d'autres minéraux tels la fluorine, la Célestine (SrSO_4), le quartz, les sulfures de Plomb-Zinc...

□ Dans les roches sédimentaires, comme les grés, calcaires, dolomies et marnes, la barytine se présente en lentilles stratiformes, mais aussi en petits filons dans des fissures de ces roches, les occurrences et les gisements étant moins fréquents que dans les roches de socles .

II.3. Utilisation et production :

Environ 70% dans le monde est utilisé comme agent de pondération pour les fluides de forage dans l'exploration pétrolière et gazière. D'autres utilisations sont dans des applications à valeur ajoutée qui incluent la voiture, l'électronique, les écrans de télévision, le caoutchouc et l'industrie de la céramique et des peintures en verre, la protection contre les radiations et les applications médicales (repas au baryum). Les barytes sont fournis sous diverses formes et le prix dépend de la quantité de traitement; des applications de charge à des prix plus élevés suite à un traitement physique intense par broyage et micronisation, et il existe d'autres primes pour la blancheur, la luminosité et la couleur.

La production mondiale est largement liée à l'activité de forage de puits de pétrole et est passée de 6,0 à 6,5Mtpa au début des années 2000 à 9,7Mt en 2014 - mais est tombée à 8Mt en 2015 et à 7,3Mt en 2016 en raison de la faiblesse des prix du pétrole et de la réduction activité de forage - mais est revenue à 8,65 Mt en 2017. La Chine représentait environ 42%, l'Inde, le Maroc, les États-Unis, le Mexique, l'Iran, la Turquie, la Russie, le Kazakhstan et la Thaïlande représentant environ 50%. Les États-Unis étaient le plus gros consommateur avec 2,35 Mt en 2017 - la Chine en a utilisé 1,6 Mt et le Moyen-Orient 1,55 Mt.

Ces applications ; Industrie pétrolière (69%) ; Chimie - électronique, écran de télévision, verre, céramique et applications médicales (repas au baryum) (16%) ; Charges - industrie automobile, caoutchouc et peinture, protection contre les radiations (15%). La demande croissante pour les applications de forage pétrolier et de remplissage, mais la récession mondiale a frappé l'industrie automobile.

La demande de produits chimiques a chuté en raison d'un passage radical aux téléviseurs LCD / plasma et aux écrans d'ordinateurs qui utilisent moins de barytes, mais les applications dans les diélectriques, l'électrocéramique et l'industrie de la construction ont augmenté.

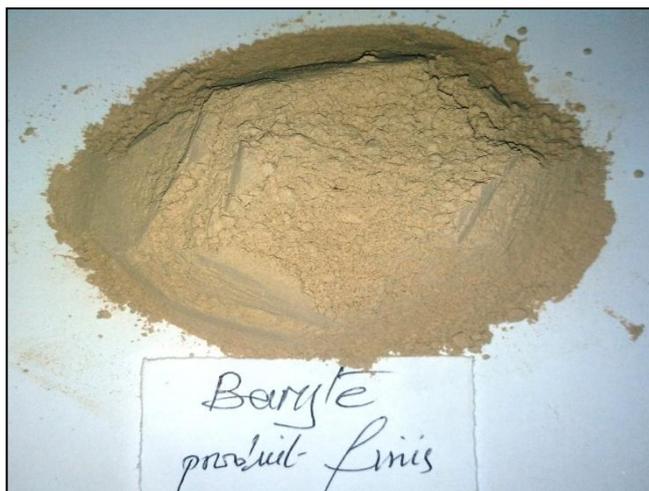


Photo 12: Barytine; produit finis (ENOF – Boucaïd 2021).

Chine	3.60 Mt
Inde	1.60Mt
Maroc	1.00 Mt
Mexique	0.40 Mt
US	0.33 Mt
Iran	0.30 Mt
Türkiye	0.25 Mt
EU-27	0.22Mt
Russie	0.20Mt
Kazakhstan	0.15 Mt
Thaïlande	0.13 Mt
Laos	0.12 Mt

Tableau 2:La production mondiale en 2017 était d'environ 8,65 millions de tonnes.

US	2.35 Mt
Chine	1.60 Mt
Moye orient	1.55 Mt
Europe	0.60 Mt
Russie/CIS	0.50 Mt
S American	0.35 Mt
Afrique	0.25 Mt
Inde	0.20 Mt
Canada	0.20Mt
Iran	0.19 Mt

Tableau 3:La consommation mondiale était 8,1 millions de tonnes.

II.4. Géologie : Géochimie :

Le baryum est présent dans l'environnement géologique principalement sous forme de cation bivalent Ba²⁺. Cet ion est plus gros que la plupart des autres cations divalents et, par conséquent, le baryum n'est pas facilement intégré dans les minéraux communs formant des roches. Au cours de la cristallisation fractionnée des magmas silicatés, le baryum se concentre dans le silicate liquide résiduel. Il est également concentré dans des liquides silicatés produits par fusion partielle. La teneur en baryum de la croûte continentale supérieure moyenne est estimée à 0,0624 pour cent en poids (Rudnicki et Gao, 2003). Les roches granitiques ont généralement une teneur en baryum un peu plus élevée que la croûte continentale moyenne, et les roches basaltiques ont généralement une teneur en baryum légèrement inférieure. La gamme de la teneur en baryum des schistes couvre approximativement la même gamme que la teneur en baryum des roches granitiques.

ELEMENTS	VOLCANIQUE		GRANITE				FILONS			
	Orthomagmatic Eruptive Rocks	Ore Deposits	Pegmatitic Pegmatites	Pneumatolytic Pneumatolytic Veins	Hydrothermal Tourmaline Quartz Veins	Porphyry Copper Deposits	Pb-Zn-Ag Deposits	Ni-Co-Ag Deposits	Sb-Hg Deposits	
Cr	Chromite, Chromite (some)									
Ni	Nivalite, Pyrochlore, rarely Ni-Arsenides						Ni-Arsenides etc.			
Vd										
Ti	Perovskite, Titanite, Ilmenite, Zircon, Cassiterite, Sphalerite		Mostly Rutile							
P	Apatite		Various Phosphates							
Cl	Siderite, Scapolite, Anhydrite		Arenaceous in Scapolite							
As, Sb, Sn, Bi, Cu, Zn, Pb, Ag, Au, Te, Se, Mo, W, Bi(U), Cu, As, Au, Te, Se, Zn(Cd, Ga, In), Pb, Ag, Sb, Co, Ba, Sr, CO ₂ , Hg, Tl	Silicates, Zircon, Titanite, Rutile, Phosphates									
Nb-Ta	Tantalates, Niobates with Titanates									
Zr-Th	Zircon		Zircon, Zr Silicates							
L (Ce)			Lanthanides & Phosphates							
Be			Mostly Beryl							
B	Tourmaline, B-Silicates, Borates		Tourmaline							
Sn			Cassiterite, Stannite							
Ge			Ge-Sulpho-Salts							
Mo			Molybdenite				Wolframite			
W			Wolframite & Scheelite							
Bi(U)			Bismuth & Bismuthinite, Pitchblende				Native Bismuth			
Cu			Chalcocite				Chalcocite, As-Sb-Sulphosalts			
As			Hispocrite				Co-Sulphosalts, Realgar			
Au			Native Sulphides, Tellurides							
Te							Mostly with Gold			
Se							Mostly with Gold or Hg			
Zn(Cd, Ga, In)							Zinc Blende			
Pb							Galena, Sphalerite			
Ag							In Sulphides, Native Argentite, As-Sb-Sulphosalts, Native Ag			
Sb							Tetraerite, Stibnite			
Co							Cobaltite			
Ba	In Sulphides						Barytes, Witherite			
Sr							Strontianite, Celestine			
CO ₂	F. Carbonates of Rare Earths						Various Carbonates, Calcite			
Hg							Scurite in Sulphosalts, Cinnabar			
Tl										

Le tableau de séquence de P. NIGLI. (Ore deposits of magmatic origin, 1929.)

Haute température → Basse température

Tableau 4: Situation des minéralisations du socle.

Les minéralisations et les gisements de barytine sont liés soit aux circulations de fluides hydrothermaux, soit aux dépôts sédimentaires en milieu évaporitique, lagunaire ou lacustre. Dans les gisements résiduels, la barytine provient de la destruction de minéralisations préexistantes, généralement encaissées dans des dolomies.

Les couches et amas de barytine sont parfois associés à des gisements de sulfures massifs d'origine exhalative. La formation des dépôts est liée à des sources hydrothermales en relation avec une activité volcanique importante plus ou moins discrète. Les plus grands dépôts mondiaux de barytine appartiennent à la catégorie des gisements d'origine hydrothermale-exhalative.

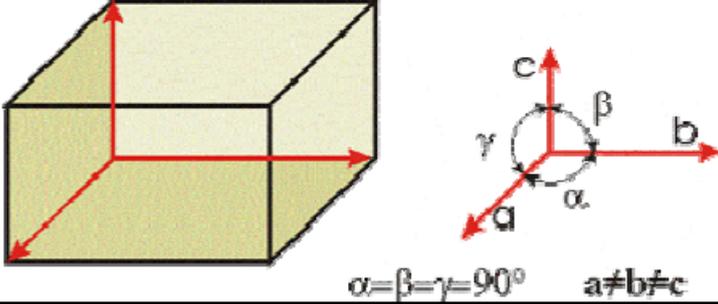
La présence de traces de barytine dans de nombreuses roches sédimentaires reflète le fait que le sulfate (SO_4^{2-}) est la forme stable de soufre dans la plupart des environnements à la surface de la Terre et que la constante de formation de la barytine (sulfate de baryum, BaSO_4) est assez grande. Bien que la barytine soit très stable dans des environnements oxydants (stables aux sulfates), elle peut être facilement dissoute dans des environnements stables au sulfure d'hydrogène réducteur (H_2S). Cet attribut a des implications importantes pour la formation de gisements de barytine et pour les aspects environnementaux de l'extraction de barytine.

II.5-Minéralogie :

La barytine est généralement blanche ou incolore. Les cristaux ont tendance à être tabulaires et ont des habitudes qui reflètent la symétrie orthorhombique du réseau de barytine. Les formes fibreuses, nodulaires et massives sont également courantes. Le minéral a une dureté de 3 à 3,5 sur l'échelle de Mohs, ce qui est à peu près la même dureté que le cuivre, et il a une densité de 4,48 grammes par centimètre cube (g / cm^3), soit environ le double de celle des roches communes. La barytine a plusieurs bons clivages.



Photo 13: Barytine Lamellaire.

Caractéristiques physico-chimiques	
Composition chimique	BaSO ₄
Sulfate de Baryum	
Classe minéralogique	Sulfates
Système cristallin	Orthorhombique
	

-**Facies** : La Barytine se cristallise dans le système orthorhombique et forme habituellement des cristaux plutôt plats et mais aussi en cristaux tabulaires, prismatiques épais, rhombiques; des cristaux peuvent être présents en granulats (en général clivables), lamelliformes et fibreux (rarement) et toutes ces formes atteignent souvent des dimensions très importantes. Souvent ces cristaux sont lenticulaires et groupés en rosettes, les prétendues rosettes de barytine.

-**Clivage** : Parfait dans une direction, faible dans les autres. La barytine grossière constitue divers agrégats, en général clivables.

-**Fracture** : Conchoïdale (comme celle du verre).

- **Couleur** : Elle est de couleur claire. Pure, elle est incolore ou blanche, mais on la trouve le plus souvent colorée diversement par des adjonctions. Elle devient alors safran, gris léger, brun pâle au brun foncé, mais aussi rouge, bleu, vert et noir.

-**Trace** : Blanche ; **Eclat** : Vitreux.

-**Fluorescence** : La baryte n'est pas ou très peu fluorescente, par contre, chauffée, elle devient luminescente.

-Genèse : La naissance de veines indépendantes de baryte comprenant assez souvent un mélange de fluorine est d'ordinaire en étroite connexion avec le massif de granit. Et c'est précisément la présence de baryte en morceaux dans ces veines qui a la plus grande importance pratique. Mais les dépôts déjà cités de roches sédimentaires dans lesquelles se forment parfois des tubercules sont aussi importants.

Elle se dépose également dans certaines sources chaudes. On trouve fréquemment la baryte dans les cavités des filons associée aux minerais sulfureux, notamment ceux du plomb, de zinc et d'argent. Elle est formée par dépôt de solutions hydrothermales remontées des profondeurs surtout à des températures élevées. Souvent, elle constitue le filon à elle seule ou bien on la trouve dans des gisements sédimentaires.

La barytine naturelle est relativement pure, ne présentant généralement qu'un remplacement mineur du baryum par le strontium (moins de 7 pour cent) ou le plomb. La pureté relative est pratique du point de vue des ressources, car on peut s'attendre à ce que les propriétés commercialement importantes qui dépendent de la chimie minérale, comme la densité et la solubilité, varient peu quel que soit l'endroit où se trouve la barytine.

La plupart des gisements de barytine ont de faibles niveaux d'impuretés car :

- les dépôts se forment généralement sous forme de précipités à partir de fluides aqueux
- le baryum se divise plus fortement dans le sulfate minéral que le strontium, le plomb et d'autres impuretés potentielles.

Le remplacement du calcium du baryum est également limité dans les occurrences naturelles. Les gisements de barytine contiennent invariablement des minéraux de gangue dont l'abondance et l'identité varient d'un type de gisement à l'autre.

Les minéraux de gangue les plus courants sont le quartz ou d'autres formes de silice, les minéraux sulfurés (galène, marcassite, pyrite et sphalérite), les minéraux argileux, les carbonates (calcite et sidérite) et les oxydes de fer. La matière organique peut également être présente à des concentrations allant jusqu'à plusieurs pour cent en poids.



Photo 15: Barytine + Pyrite.



Photo 14: Barytine + Sphalérite.

III-Types de dépôt :

Les gisements de barytine peuvent être classés dans les quatre groupes suivants sur la base des caractéristiques physiques, des caractéristiques géochimiques et du cadre géologique: (1) *sédimentaires stratifiés*; (2) *litière-volcanique*; (3) *veine, remplissage de cavité et métasomatique*; et (4) *résiduel*.

Ce schéma de classification ressemble aux schémas qui ont été utilisés précédemment (Brobst, 1958; Clark et al, 1990), mais il a été quelque peu modifié pour tenir compte des gisements nouvellement découverts et des résultats d'études géologiques plus récentes. Les emplacements des gisements ou des districts qui sont relativement grands ou représentatifs des quatre groupes sont indiqués dans la figure D2. De nombreux autres gisements, à la fois minés et non exploités, ont également été identifiés (Roskill Information Services, Ltd., 2006).

A-Dépôts sédimentaires en litière :

Les dépôts sédimentaires stratifiés sont des corps stratiformes de barytine massive ou quasi massive dans des successions sédimentaires qui contiennent généralement du schiste, du mudstone ou du chert riches en matières organiques.

Les gisements peuvent être assez importants, avec des ressources allant jusqu'à des dizaines de millions de tonnes, et ils ont tendance à se trouver dans les districts plutôt que comme des occurrences isolées.

Les lits de barytine varient en épaisseur de centimètres à 100 mètres ou plus et peuvent s'étendre sur des kilomètres le long de la direction.

La barytine peut être de couleur foncée, reflétant la présence de carbone organique, et il se présente généralement sous l'une des quatre formes suivantes: massive, stratifiée, nodulaire ou rosace.

Les minéraux de gangue comprennent les argiles, les oxydes de fer (hématite, limonite ou magnétite), le quartz et la pyrite ou d'autres minéraux sulfurés.

La valorisation peut être plus simple que pour les minerais provenant d'autres types de dépôts. Les dépôts sédimentaires stratifiés sont la principale source de production mondiale de barytine et représentent également la majorité des réserves mondiales.

Le type de gisement de barytine stratifié-sédimentaire peut être associé à une minéralisation de sulfures stratiformes d'une quantité et d'une teneur suffisantes pour que les districts soient mieux connus comme des ressources en plomb, zinc ou autres métaux.



Photo 16: filon de barytine entre une formation argilo-marneuse et calcaire à oolithes. (Région de Belabbés gisement Nord Boucaïd).

La barytine sédimentaire stratifiée associée à la minéralisation sulfurée doit son origine à des systèmes d'écoulement de fluide sous-marin qui peuvent s'étendre sur des distances latérales de centaines de kilomètres ou plus; ces systèmes d'écoulement sont directement ou indirectement liés aux systèmes d'écoulement qui donnent naissance aux dépôts de sulfures métalliques (Lydon et al, 1985; Emsbo, 2000). Les fluides migrent généralement à travers les espaces poreux des sédiments enfouis et des roches sédimentaires vers des zones de failles d'extension situées le long des marges des bassins de sédimentation.



Photo 17: échantillon de barytine associée au sulfure de Zinc (galène -en noir) et sulfure de Pb(blende -en gris) - gisement Nord /Boucaïd-

Les dépôts de barytine se forment là où les fluides ascendants, qui transportent les ions Ba^{2+} + extraits de la matière organique ou des traces de barytine dans les sédiments sous-jacents, rencontrent et se mélangent avec des fluides interstitiels sulfatés ou de l'eau de mer. Où le mélange se produit dans le sédiment, la barytine précipite sous forme de ciment interstitiel ou de remplacement de minéraux préexistants, tels que la calcite. Lorsque le mélange se produit par infiltration de liquide sur le fond marin, des particules de barytine se forment dans la colonne d'eau puis s'accumulent à la surface des sédiments. La barytine n'étant pas décomposée par l'eau de mer, les dépôts préexistants peuvent être retravaillés par l'érosion du fond marin et la barytine peut se reconcentrer dans les canaux sous-marins.

IV-MODE D'EXPLOITATIONS:

L'exploitation minière de barytine dépend des conditions géologiques, structurales, et du type des gisements (filoniens, stratiformes, résiduels), ainsi que de leur morphologie et de leur taille. Elle se fait soit en souterrain par galeries et « Chambres » (, soit en carrières à ciel ouvert, mécanisées ou artisanales



Photo 18: Exploitation souterraine gisement Nord – Boucaïd2021-

En se basant sur les propriétés physico-mécaniques du minerai et des roches encaissantes, le pendage des filons qui est souvent variable, ainsi que des possibilités techniques de la mine, les méthodes retenues sont :

- Le sous- niveau abattu
- Chambre et piliers artificiels

Ces deux méthodes seront utilisées ainsi que le non application de ces méthodes dans le cas ou un paramètre exige un changement de la méthode.

La rentabilité des méthodes retenues consiste dans la récupération rapide du minerai et une meilleure sécurité mais l'inconvénient est le volume important des travaux préparatoires.

En se basant sur les conditions géologiques et minières du filon (cas du gisement de BOUCAID), le système d'exploitation le plus acceptable est celui par chambre et piliers c'est-à-dire avec le soutènement de l'espace d'abattage par des piliers et avec l'abattage du front du taille sur toute la puissance du filon par des trous miniers la distance entre les piliers est de 2 m pour cette méthode , les travaux préparatoires consistent au découpage des chambres par des cheminées inclinées espacées de 30 m à partir de la galerie principale vers la galerie du niveau supérieur ou la surface du jour à partir des cheminées de la chambre à d'autre cheminées sont creusées chaque 2 m. L'abattage s'effectue par des trous de mine sur toutes puissances du filon.

Le minerai abattu est évacué à l'aide des treuils de stripage jusqu'à la galerie principale et directement versé dans les wagons.



Photo 19:(A) & (B) cheminée de passage dans la galerie du gisement Nord Boucaïd (2021)

V-TRAITEMENTS DE LA BARYTINE, SPÉCIFICATIONS DES PRODUITS :

En général, la barytine primaire est obtenue après concentration par différentes méthodes : flottation, gravimétrie, séparation magnétique.

La suite du traitement comprend les étapes suivantes : séchage, concassage, puis épuration, micronisation selon les usages, éventuellement blanchiment chimique. Dans certains gisements, le « minerai » de barytine, après extraction, est suffisamment pur pour être simplement criblé et concassé.

1- Enrichissement et élaboration de la barytine industrielle

Selon les applications industrielles et les spécifications requises, la barytine primaire peut suivre les phases de préparations suivantes en usines:

- broyage fin et mélange de différentes qualités pour obtenir un produit standard pour la préparation des boues de forage ;
- broyage et micronisation pour obtenir les produits pour charge, avec un indice de blancheur élevé (90 à 94) et éventuellement un blanchiment par traitement chimique pour augmenter cet indice.



Photo 20: produit finis et emballés – gisement de Boucaïd 2021-.

VI-DÉVELOPPEMENT DURABLE, RECYCLAGE ET SUBSTITUTION :

La barytine est qualifiée de « naturelle, verte et propre ». Ce matériau est en effet inerte chimiquement, mais sa production à partir de « minerais » composites, comprenant notamment des sulfures, est susceptible de générer des stériles et des sous-produits sources de pollutions s'ils ne sont pas stockés dans des conditions où ils sont à l'abri des ruissellements et des infiltrations pouvant provoquer des phénomènes de lixiviation.

La barytine est un matériau respectueux de l'environnement car il s'agit d'un produit naturel et non fabriqué. Un potentiel de substitution existe mais les alternatives dans l'industrie pétrolière (par exemple ilménite, hématite) sont économiquement moins attractives.

Le calcaire ou les argiles moulus Alternatifs moins chers sont parfois utilisés pour des raisons économiques dans certaines applications de remplissage où la qualité ou les considérations techniques sont moins strictes.

Produit naturel, Non toxique, Peu coûteux, Inerte - chimiquement et physiquement non réactif; et aux écosystèmes, Gravité spécifique élevée, Bonne insonorisation et protection contre les radiations et Faible adsorption d'huile.

Dans la plupart des domaines d'utilisation, la barytine mise en œuvre est dispersée, ou disparaît en cours d'usage et ne peut être recyclée : charges en peinture, boues de forage, usage médicinal, ... Cependant, certains produits manufacturés contenant de la barytine pourraient être réutilisés, moyennant une identification préliminaire (ex : apposition d'une identification sur leur contenu en barytine) et un tri sélectif (ex : les briques et plaques barytées du BTP, certains plastiques et caoutchoucs utilisés comme isolants phoniques, notamment dans l'industrie automobile).

VII- Conclusions :

Enfin ; la barytine montre que cette substance et ses dérivés, avec leurs propriétés particulières, sont toujours utilisés de façon importante dans de nombreux domaines industriels (chimie, pharmacie, médecine, charges minérales, boues de forages d'hydrocarbures, génie civil et BTP).

Les produits manufacturés à base de barytine et de produits dérivés sont très divers (briques en béton barytés, verres technique ou flaconnerie de luxe, peintures, éléments d'habitacles de voitures ou d'engins de chantier, ...), et ont des valeurs ajoutées importantes.

Du fait de l'importance de la barytine et des produits dérivés, pour ces activités et pour les utilisations industrielles au niveau mondial, l'approvisionnement en matières premières est maintenant considéré comme de plus en plus sensible (*IndustrialMinerals, 2012*). Les prix moyens sur le marché international ont fortement augmenté depuis le début des années 2000, les recherches et la formation des compétences dans ce domaine est impératif pour satisfaire les besoins dans les domaines de l'économie nationale.

CHAPITRE IV :

ÉTUDE GITOLOGIQUE

&

MINÉRALOGIQUE

I – HISTORIQUE DU GISEMENT :

- Le gisement polymétallique de l’Ouarsenis découvert en 1842 par le géologue Français M. Fourmel.
- La mise en exploitation du gisement de BOUCAID date de la fin du 19ème siècle pour les poly métaux (Pb-Zn).
- L’exploitation de ces minéralisations est accordée pour la première fois à la Société de la Vieille Montagne en 1890. - 1947, quia entamée des travaux de prospection ; pour commencer en 1950, l’exploitation du minerais de Smithsonite et du minerais Sulfuré (teneur moyenne de 20% en Zn et de 15% en Pb).
- A la même période la construction d’une laverie était indispensable afin d’exploiter les minerais sulfuré moins riche et les minerais oxydés.
- la deuxième période a démarré avec la nationalisation des mines par l’état algérien en 1966 en continuant l’exploitation des poly métaux. En 1975, lors des travaux de levé géologique au 1/5000 du gîte de Sidi Bel Abbes, il y a eu la découverte d’une puissante structure barytée de 850 mètres de longueur. Cette dernière a fait l’objet de travaux de prospection et d’évaluation de 1977 à 1981.
- L’exploitation et le traitement de la barytine a commencé en 1976, Durant la période 1978 à 1982, quatre sites ont été évalués et sont passés à l’exploitation à savoir : Ammal, Rasfa, Grand Pic, Lakhdar et le Nord. Il est à noter que 90% des travaux ont été réalisés sur le site de Sidi Bel Abbes.
- l’activité se poursuit à ce jour, (l’exploitation est confier maintenant à SOMIBAR, Filiale ENOF).
- Le groupe ENOF (Entreprise Nationale des Produits Miniers Non Ferreux et des Substances Utiles) exploite 18 mines et carrières, qui produisent une gamme variante de minerais, il est organisé en 6 filiales depuis le 1er janvier 2001.
- L’ancienne filiale SOMIBAR pour la production de la Barytine (redevenu ENOF en 2016), possède trois unités de production :
 - Ain-Mimoun dans la wilaya de Khanchela ;
 - Mellal dans la wilaya de Tlemcen ;
 - BOUCAID dans la wilaya de Tissemsilt (notre cas d’étude).

L’unité détient trois titres Miniers d’exploitation ont une durée de validation de 10 ans.

-Pour notre cas d'étude, les gisements se trouvent à 6 km de l'usine de traitement, pour y accéder nous prenons la route communale de BOUCAID qui se trouve sur le flanc Nord du massif Abdelkader, passant par le parc national d'Ain Antar sur une distance de 4km, puis l'accès se fait par une piste carrossable de 2km pour arriver au gisements

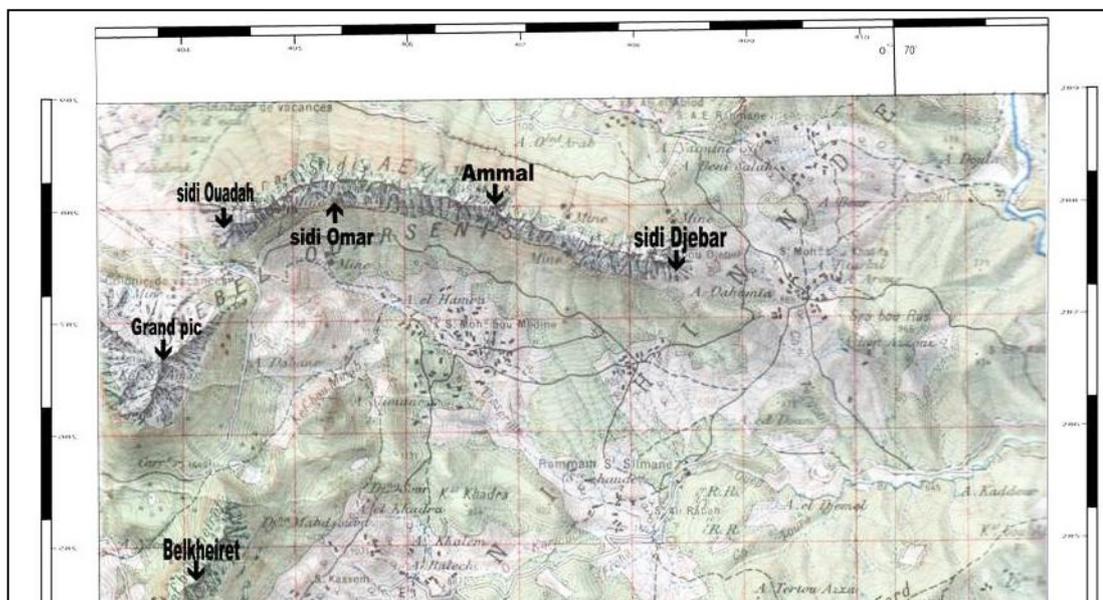


Figure 12: Plan De Situation Des Sites Formants Le Gisement De Barytine (Extrait de la carte topographique de la région, échelle : 1/50 000).

II - DESCRIPTION DE LA MINÉRALISATION :

- La minéralisation du massif de BOUCAID est d'origine Hydrothermal. Elle est encaissée essentiellement dans les calcaires du Lias et du Dogger et rarement dans le Malm, du fait qu'ils sont les plus durs et cassants.
- L'examen des filons à dominance barytique montre que la barytine la plus répandue est une barytine blanche massive, microcristalline ou à cristaux lamellaire à plans de clivage bien individualisés. Une barytine crêtée de couleur blanchâtre y est souvent rencontrée. Egalement, on rencontre une barytine rubanée avec une variété de couleur (grise et blanchâtre).
- la minéralisation de barytine et de plomb - zinc de Bou Caïd, se rencontrée en deux types :
 - Une minéralisation en amas et karstique (gisement Lakhdar)
 - Une minéralisation filonienne (gisement Nord et Belabbés)

- Nous avons étudié les minéralisations en galerie d'exploitation de Sidi Djebbar, Sidi Omar, Ammal, Sidi Ouadah, dans le Srâa Abd El Kader.
- La morphologie de la minéralisation du gisement est conditionnée par les accidents tectoniques qui ont affecté les terrains encaissants. La minéralisation se présente généralement sous deux formes possibles :
 - Les filons : sont les gisements constitués par le remplissage, en général irrégulier et discontinu, de fractures préexistantes de l'écorce terrestre par des minéralisations diverses. La minéralisation filonienne dans la mine de BOUCAID est observée dans les gisements suivants : (filon Sidi Djebbar, filon Nord, filon AMMAL).
 - Les amas : Ce sont des gisements de forme quelconque, généralement sous forme de lentille ou de sphère dont les 3 dimensions (longueur, largeur, profondeur) sont de même grandeur. Cette morphologie est représentée dans le gisement Lakhdar.

1- Les minéralisations filoniennes du massif de Srâa Abd El Kader :

A- Gisement Nord: il est situé dans la partie Nord-Est du massif Srâa Abdel Kader, Il a été reconnu à ce jour par trois niveaux d'exploitation, la minéralisation est rangée dans la catégorie méso thermique ; il s'agit d'un corps filonien (un seul filon suis affleure au jour sur une longueur de 315m).

A-1- Gisement Belabbés : c'est un gisement épuisé avec des affleurements barytiques filonien (ou il y a un projet de recherche de l'exploration par sondage qui en cours).

A-2- Gisement Sidi Djebbar : le partie Est du gisement Belabbés, affleure entre les côtes 1210 et 1290 m à l'extrémité orientale de Srâa Abd El- Kader sur une longueur de 130 m selon un pendage de 76° vers le Sud avec une épaisseur moyenne de 1,6 m. Ce corps est contrôlé par une structure tectonique de direction Est-Ouest encaissé dans les calcaires du Dogger. Ce filon est recoupé par trois galeries à différents niveaux :

- Le niveau 1225 m ;
- Le niveau 1175 m;
- Le niveau 1125 m ;

Le filon de Sidi Djebbar est caractérisé par :

- des affleurements barytiques à la surface ;
- Une texture massive, en tablette et parfois en crêtes de coq et donne ;
- L'allure de ce filon est changeante, il s'amincit parfois et donne naissance à des ramifications abondantes ;
- L'épaisseur de ces filons varie de quelques Cm à 3m ;
- Des veinules de calcites et de sphalérites perpendiculaires au filon sont parfois observées, avec une association moins fréquente à la galène fine.

B- Gisement Lakhdar : il est situé sur le flanc sud de l'extrémité ouest du massif Sera Abdelkader, recoupé par cinq niveaux d'exploitation, ou il y a les deux types des gisement exploitables :

- En forme d'amas d'une structure très irrégulière et en forme de filon (gisement filonien).

B-1- Gisement Sidi Ouadah : C'est un corps filonien affleure en surface entre les côtes 1500 m et 1520 m, sur une longueur de 261 m selon une direction de N160° et un pendage qui varie de 25° à 35° vers le Sud- Est.

Le filon est encaissé dans des calcaires du Lias moyen-supérieur, Il a été reconnu à ce jour par la galerie du niveau 1518 m où le filon a été exploité à partir du niveau 1518 m jusqu'à la surface (La partie supérieure du filon). Caractérisé par :

- Une texture rubanée de la barytine ;
- Abondance de barytine résiduelle ;
- L'épaisseur du filon est de quelques Cm à 04m ;
- Existence de veinules de calcite avec de la galène et des encroutements ferrugineux.

B-2- Gisement Sidi Omar : situa a l'Est du chantier Sidi Ouadah (sur le versant Sud du massif Srâa Abd El Kader), affleure selon une direction de N116° et un pendage de 85° vers le Nord. Le filon montre une texture massive avec la présence de barytine en tablette de couleur grise et blanche. La Sphalérite est présente et occupe les vides entre ces tablettes. Dans la galerie du niveau 1550m, nous avons observé une zone d'oxydation riche en limonite, jarosite et calamine.

C-Gisement Ammal : occupe la partie centrale du versant Nord du massif de Srâa Abd El Kader, sa direction est de N20° et sont pendage est de 75°. La texture de la barytine est porcelanée au abord et passe à une texture en tablette au milieu ; on trouve par endroit de la barytine en crêtes de coq ou massive laiteuse ou translucide.

Le gisement d'Ammal a été exploré par la société SONAREM 1975 par des tranchés de surface et des travaux de sondage fond, ainsi des ouvrages miniers souterrains (galeries et cheminées) ont été mené. Ce gisement a été reconnu par six niveaux qui sont reliés entre eux par des cheminées de reconnaissances et de passage du personnel.

- Niveau 1480m ;
- Niveau 1430m ;
- Niveau 1380m ;
- Niveau 1330m ;
- Niveau 1277m ;
- Niveau 1205m ;
- Niveau 1227m.

Ces travaux ont été arrêtés pour des raisons sécuritaires (à cause de non obtention de l'autorisation d'utilisation de la matière explosive).

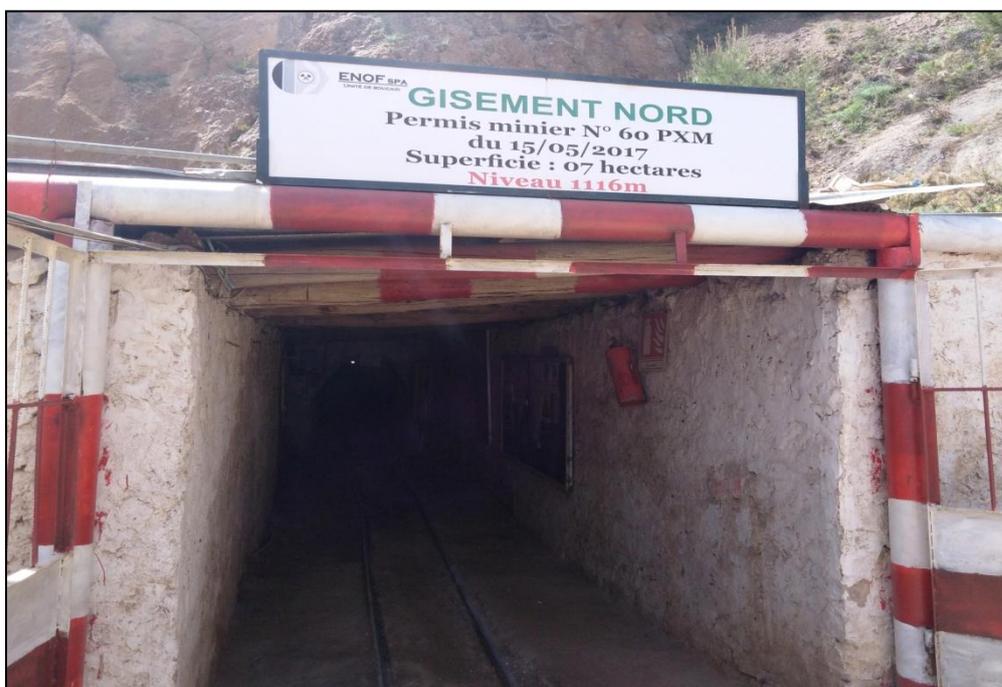


Photo 21: L'entrée du niveau d'exploitation 1116m-Gisement NORD-.



Photo 22: Minéralisation filonien de barytine du gisement Lakhdar et gisement Nord (Boucaïd).



Photo 23: exploitations de barytine en forme d'amas dans le niveaux sidi Ouadah et sidi Omar (gisement Lakhdar - Boucaïd).

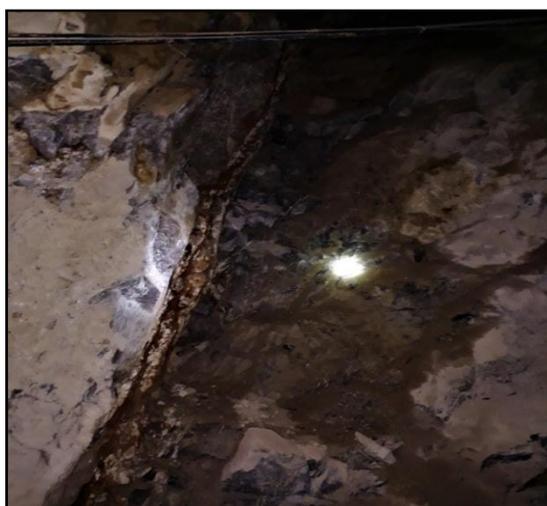


Photo 24: Filon de Barytine dans des calcaires et des argiles avec des oxydations de Fer Hydratés (gisement Belabbés – Boucaïd).

2- Analyse Microscopique Des Lames Minces (les étapes) :

Une lame mince de roche est une préparation spécifique effectuée par un litho-préparateur.

Ces préparations consistent à amincir un échantillon de roche, préalablement collé sur une plaque de verre, à une épaisseur de 30 micromètres (davantage pour les lames destinées à la micropaléontologie) La réalisation de ces lames minces est élaborée suit un protocole précis dont les principales opérations sont :

- Le sciage de l'échantillon à la scie diamantée ; on découpe un « sucre », petit volume de roche n'excédant pas 8 à 10 centimètres cubes.
- Le rodage de la surface à coller ; Les sucres et les lames de verre qui seront utilisés doivent avoir une planéité parfaite pour être collés ensemble.
- Le collage de l'échantillon sur plaque de verre ; Les sucres sont collés sur les lames en verre à l'aide d'une résine de type Araldite.
- Le sciage de la préparation à environ 1 mm ; Le sucre est scié avec un disque diamanté de précision qui garantit le parallélisme entre la face collée et la face sciée. la mise à l'épaisseur de la lame mince ; Il faut maintenant abaisser progressivement l'épaisseur de la roche jusqu'à ce qu'elle devienne transparente.
- la couverture ou le polissage de la préparation selon analyses ultérieures ; Avec les poudres abrasives, par passes successives (600-800-1000), on diminue très lentement l'épaisseur de la roche avec la main sur un verre en vérifiant fréquemment l'avancement du rodage.



- L'observation au microscope polarisant, Interprétations des résultats sous un microscope optique de laboratoire de département de la géologie de l'université d'Oran2.

III- DESCRIPTION DES TEXTURES DE LA MINÉRALISATION :

Les observations macroscopiques des échantillons et microscopiques des lame minces, elle nous a permis de connaître des textures suivantes :

III- 1- Texture massive :

Cette texture résulte généralement de dépôt dans les fractures ouvertes, par une phase distensive, où la barytine forme une masse homogène.



Photo 25: Texture massive de la Barytine.

III- 2- Texture veinulée :

Issue du remplissage des cassures par les fluides minéralisateurs, sous formes de filons, veines ou veinules remplies essentiellement de Barytine, de Calcite, Galène accompagnées d'oxyde et hydroxydes de Fer.(Photo 26)

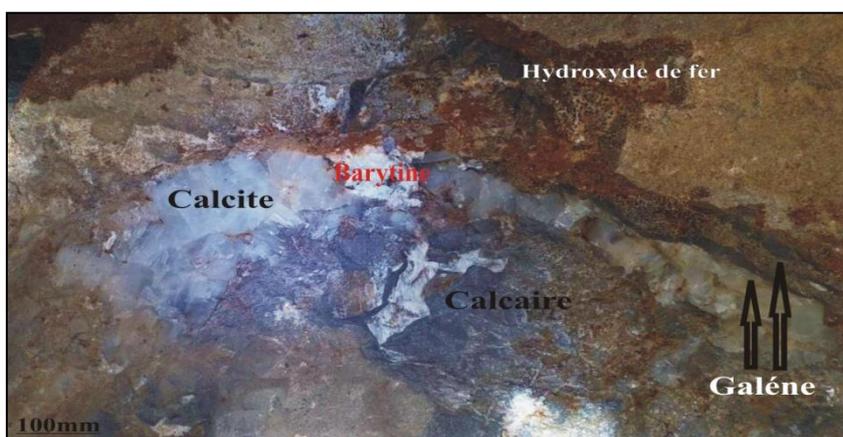


Photo 26: veinules de (calcite +barytine+galène) avec hydroxydes de fer.

III- 3- Texture rubanée :

Signifie l'alternance de deux ou de plusieurs bandes. Dans notre cas il s'agit d'une Sphalérite avec une alternance rythmique de lattes millimétriques de galène et blend avec la calcite.

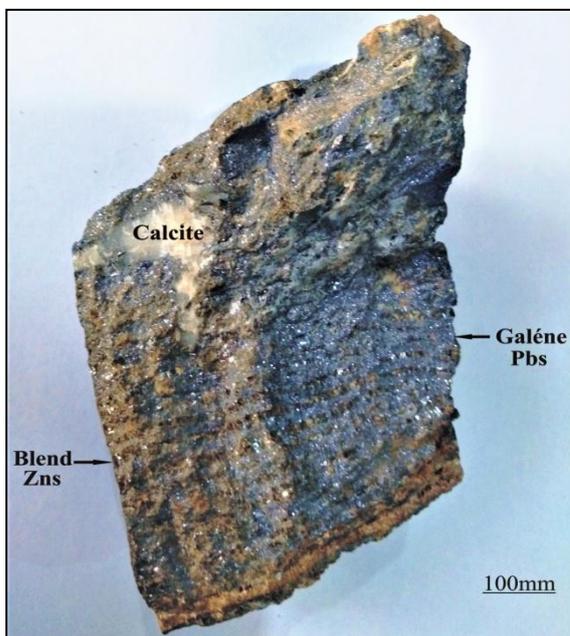


Photo 27: texture rubanée de Sphalérite, alternances (blend Zns + galène Pbs), calcite

III- 4- Texture Disséminée :

C'est une dissémination de grains de Galène et Pyrite dans la Barytine et même dans l'encaissant calcaire.

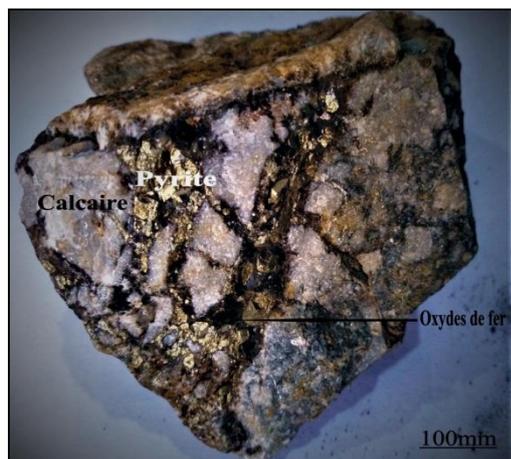
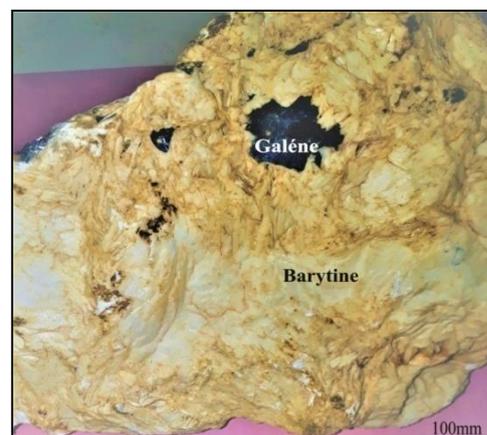


Photo 28: texture disséminée de Pyrite dans le calcaire.

Photo 29: texture disséminée de Galène dans la Barytine.



IV -NATURE DE L'ENCAISSANT :

Les filons de Barytine de Boucaïd sont encaissés dans les formations calcaro-dolomitique, de ce fait cette partie sera consacrée à l'étude des différents faciès de calcaire formant l'encaissant :

IV -1- Calcaire oolithique :

Ce calcaire est typique du Jurassique (Lias, Dogger et Malm). C'est un calcaire oolithique constitué de bioclastes à foraminifères, lamellibranches et des fossiles (bivalve), on trouve quelques grains de quartz de forme xénomorphe à subautomorphe, des veinules de calcite et le tout est cimenté par une matrice micritique. (ce faciès forment en milieu marin peu profond et agité).



Photo 30: Vues macroscopique de calcaire oolithique à veinule de calcite.

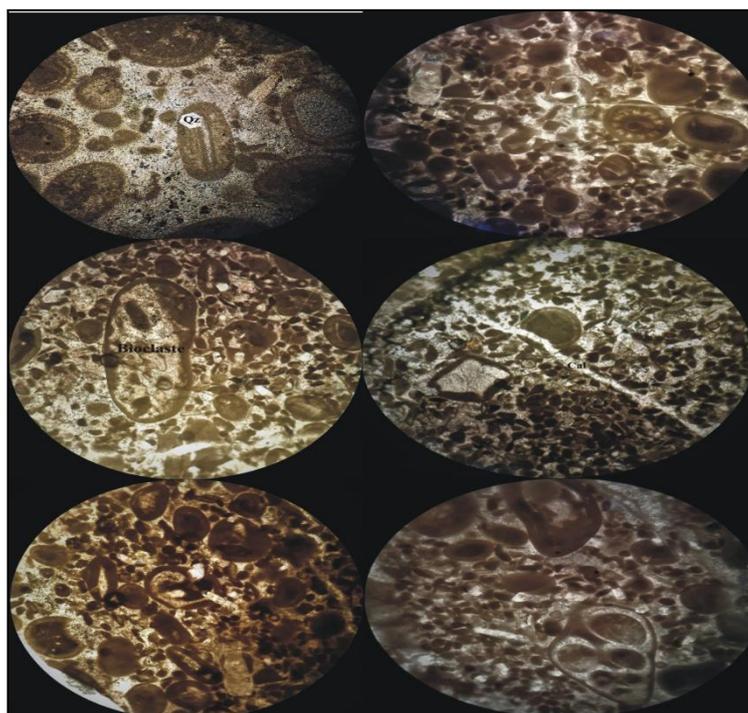


Photo 31: Vues microscopiques de calcaire oolithique à veinule de calcite.

(Lame mine. LPA .Grx5).

V- COMPOSITION DE CORPS MINERALISES :

L'étude minéralogique des échantillons ; ainsi que l'étude microscopique des lames minces confectionnées à partir de ces échantillons, nous ont permis de déterminer les différentes associations minérales existantes dans ces minéralisations.

V-1- Les sulfates (Barytine : $BaSO_4$) :

Macroscopiquement ce minéral se présente sous forme de filons, en veinules, en nids et poches (d'une dizaine de Cm d'épaisseur), en crêtes, massives. Sa couleur est blanche laiteuse, translucide ou grisâtre lorsqu'elle est associée aux sulfures.

L'étude microscopique de la barytine révèle l'existence de plusieurs formes à savoir :

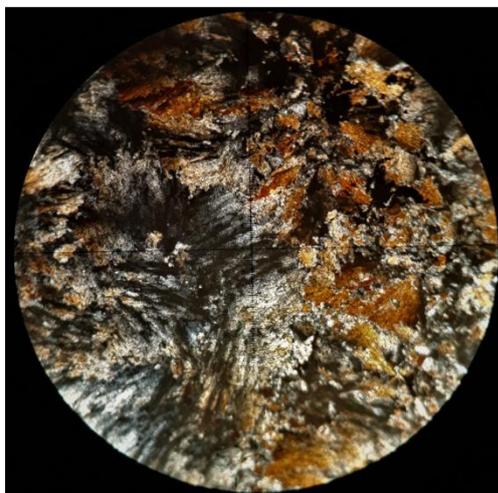


Photo 32: Barytine en crêtes
(lame mince LPA Grx5).

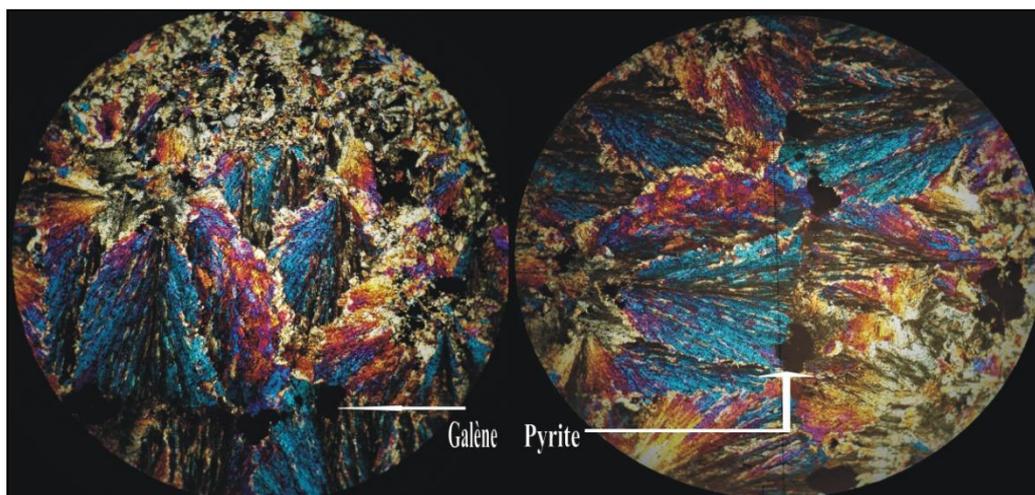
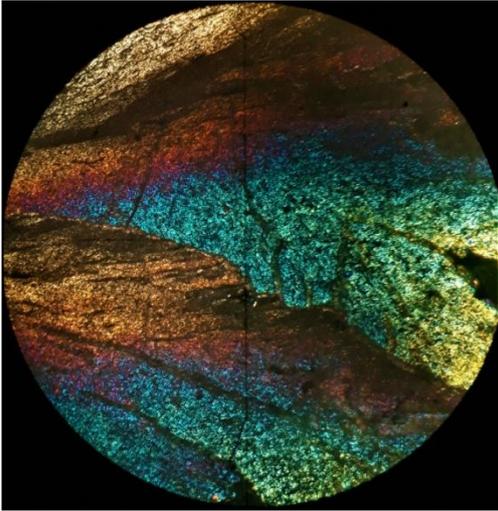
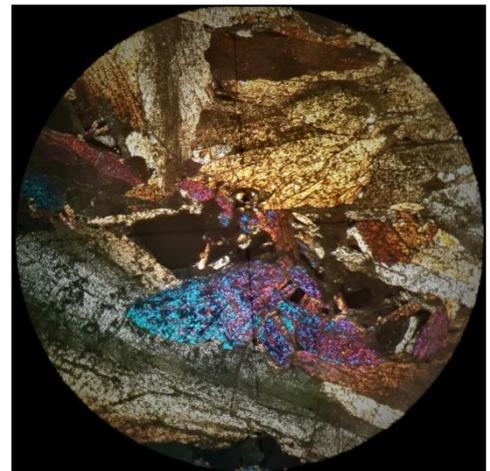


Photo 33: Barytine en gerbes (Lame mince LPA Grx5).



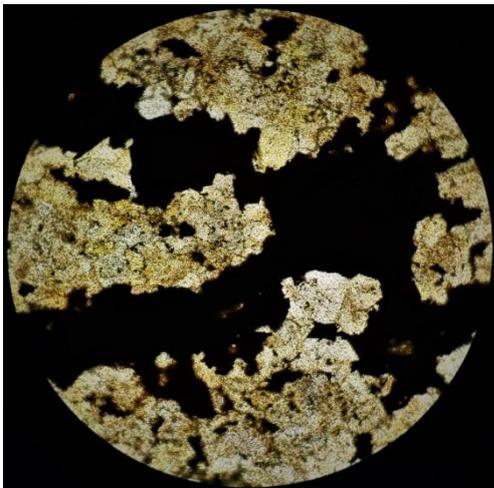
**Photo 34: Barytine en plumes
(Lame mince LPA Grx5).**



**Photo 35: Barytine en lattes
(Lame mince LPA Grx5).**

V -2 - Les sulfures:

a/ Sphalérite :(ZnS)



**Photo 36: Sphalérite veinulée marron,
corrodé par la galène noir
(Lame mince LPA Grx5).**

b/ La Galène : (PbS)

La galène se présente sous forme de grain de différentes tailles disséminés dans les calcaires ou dans la barytine ; on la trouve aussi en veinules dans l'encaissant et dans les fractures associée à la pyrite) et la sphalérite. Opaque sur le microscope

c/ La pyrite : (FeS₂)

Présente en petits grains disséminés dans les calcaires et parfois dans la barytine. Opaque sur le microscope.

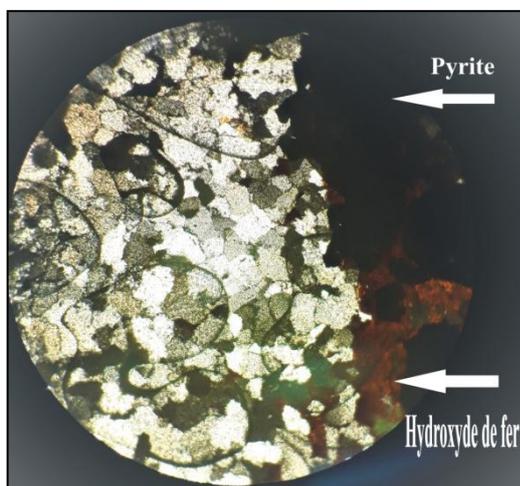
V-3)-. Les minéraux de gangue :**a/ Le quartz (SiO₂) :**

Photo 37: Quartzite avec la pyrite & hydroxydes de fer (limonite) (Lame mince LPA Grx5).

b/ La calcite CaCO₃ :

On la trouve dans les veinules associée aux oxy-hydroxydes et à la barytine qu'elle précède, sous forme de cristaux xénomorphe, ou sous forme d'un ciment.

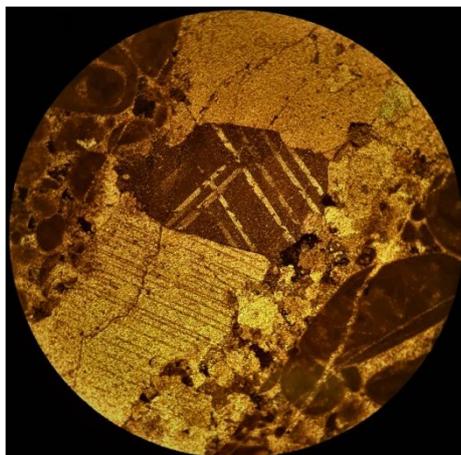


Photo 38: calcite dans les calcaires oolithiques (Lame mince LPA Grx5.)

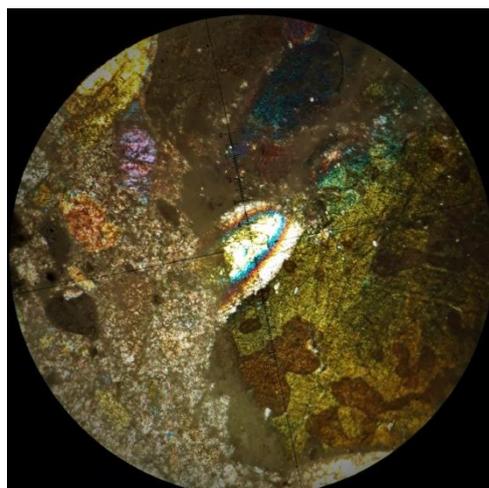
c/ La dolomite : $(\text{Mg, Ca})(\text{CO}_3)_2$:

Photo 39: assemblage de barytine, de calcite et de dolomite (Lame mince LPA Grx5).

VI - SUCCESSION PARAGENETIQUE :

-La paragenèse : est formée de pyrite, galène, sphalérite, chalcopryrite, argentite, acanthite, Tétrahédrite, Au natif dans une gangue de quartz et carbonate et \pm fluorine et barytine. Il s'agit de minéraux de bas degrés d'oxydation, déposés en position distale à partir d'un fluide de pH neutre fortement contaminé par les circulations météoritiques. Les corps minéralisés sont fréquemment des veines verticales de puissance métrique contrôlées par des failles. Les remplissages montrent de nombreuses phases de dépôt avec des textures rubanées et bréchiques.

-Genèse : les fluides impliqués dans ce type de gisement sont essentiellement météoritiques Présentant une faible salinité ($<3,4\%$ eq. poids NaCl) et un caractère neutre à légèrement acide, en équilibre avec les roches encaissantes. Ils ont le plus souvent un caractère pulsatif, avec des températures qui s'échelonnent entre 320 et 60°C. L'écoulement des fluides est contrôlé par les fractures et failles dans lesquelles le panache de fluide hydrothermal se mélange avec les eaux souterraines. La précipitation se fait par mélange, baisse de température et ébullition. Les métaux seraient pour l'essentiel extraits de la croûte sous jacente.

-Il s'agit de gisements très importants sur le plan économique pour Zn, Pb et Ba (pauvre en Cu et Ag) dans des environnements sédimentaires (clastiques gréseux à silteux mais aussi par d'autres lithologies sédimentaires comme carbonates)

VII- CRITERE ET INDICE DE MINERALISATION :

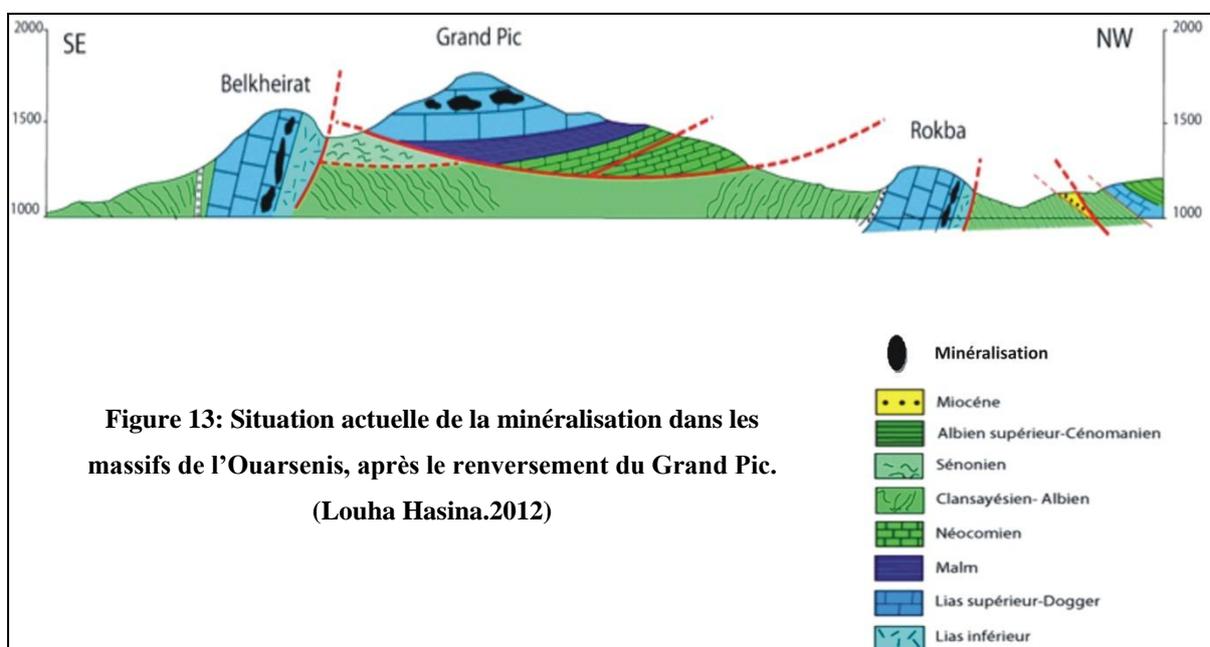
Les observations et les analyses effectués dans le secteur d'étude montrent que la localisation des minéralisations est guidée par quelques facteurs, qui sont :

1-guides lithologiques : les gisements de barytine de Boucaïd se présentent en filons et disséminés aux seins des calcaires micritiques à oolithiques parfois dolomitiques avec des substitutions avec d'autre éléments. Ces substitutions ne se produit pas arbitrairement, car le métensomatose ne s'est effectuée d'une manière efficace que dans certain faciès privilégiés.

Les observations révèlent que les calcaires ou les carbonates en général sont les roches de gangue.

2- guides structuraux : la distribution des stocks de polymétaux (Pb, Cu, Zn, Fe...) dans le secteur étudié est sous l'étroite dépendance de la densité de la fracturation des formations carbonatées.

Les failles sont généralement de direction NE – SW ; le calcaires encaissent en surface et dans les cavités karstiques et les galeries d'exploitations, ces fractures sont remplies par des cristaux de barytine traversées par des veinules noirâtres à grisâtre de blende à smithsonite. Ces veinules sont servies probablement comme des drains aux fluides hydrothermaux.



CONCLUSION GENERALE

Situé à 50 km au NW de chef lieu de la wilaya de TISSEMSSILT, le gisement de barytine de Boucaïd fait partie du massif de l'Ouarsenis oriental.

La barytine fait partie des minéraux industriels de plus en plus recherchés sur le marché international, pour les raisons suivantes :

- forte demande pour les forages d'hydrocarbure (pétrole, gaz conventionnel, de houille, gaz de schistes..), notamment dans les pays comme les USA, la Chine, le Canada, la Russie, les pays du Moyen-Orient, les pays riverains de la Mer du Nord ;

- diversification des utilisations pour des produits très élaborés, notamment dans la plasturgie, la verrerie et l'automobile.

Cette évolution se traduit depuis une douzaine d'années par une hausse générale des prix et une augmentation de 100 à 150 % sur le marché international, selon les qualités et les utilisations.

Aussi la barytine est une matière première minérale considérée comme soumise à un risque d'approvisionnement relativement élevé.

Au point de vue stratigraphique, la zone d'étude est caractérisée par des extrusions calcaires et dolomitiques du Jurassique (Lias, Dogger et Malm) au milieu de formations du Crétacé plus tendres.

Sur le plan tectonique, l'analyse structurale montre un dispositif en bloc des massifs dû aux accidents chevauchants résultant de la compression éocène.

Sur le plan gitologique, on a pu définir deux types de minéralisations : La première, filonienne, représentée par des filons de barytine associés aux minéraux sulfurés. Ils résultent du remplissage de fractures ouvertes. La seconde, en amas, représentée par des corps parfois oxydés résultant de la dissolution de l'encaissant carbonaté et le dépôt de solutions riches en fer. Cette minéralisation est encaissée dans les calcaires du Lias et du Dogger et rarement dans le Malm. Elle est essentiellement représentée par la barytine, qui est le minerai exploité actuellement et accessoirement la galène, sphalérite, marcasite, pyrite et chalcopryrite. La barytine présente plusieurs couleurs (blanche et rose), morphologie et texture.

La minéralisation de barytine est de type gîte filonien, provient d'un remplissage des fractures traversant les calcaires, dolomies et argiles schisteuses.

La barytine montre plusieurs textures : massive, veinulée et en crêtes.

La minéralisation est caractérisée par une paragenèse polymétallique à Cu-Pb-Zn-Ba, représentée par la barytine qui est le minéral principal, la galène, la pyrite et la blende.

Les remarques acquises ont confirmé que l'origine de la minéralisation de barytine est Hydrothermale de moyenne à haute température.

A l'échelle régionale, il serait intéressant de vérifier s'il existe d'autres gisements qui présentent des caractéristiques similaires, cela permettrait d'enrichir la base de données sur l'hydrothermalisme de .

La diversification lithologique a contribué avec une large part à la concentration des minéralisations dans certains faciès privilégiés ; permettant ainsi de dégager les principaux facteurs contrôlant ce processus.

L'analogie lithologique et structurale des alentours qui constitue la chaîne d'Ouarsenis permet de dégager plusieurs prospects qui pourraient receler des minéralisations analogues à celles de Boucaïd, incitant à relancer des travaux de prospection de grande envergure, où les recherches doivent être localisées au voisinage des structures faillées qui semblent contrôler les minéralisations connues dans la région des monts d'Ouarsenis.

Finalement, ces types d'études aideront certainement à situer ces dépôts ; en les mettant dans leur contexte géologique et donc à comprendre le modèle de mise en place de la minéralisation. Cela constituera un guide de prospection d'autres gisements de la région. Selon les associations paragenétiques et la nature de l'encaissant ; les minéralisations ont été scindées en deux catégories, filoniennes (gisement Nord) et disséminées en amas dans des cavités karstiques (gisement Lakhdar).

Nous recommandons d'entreprendre une étude structurale détaillée du secteur afin de définir les lois géostructurales régissant la répartition des concentrations de ses ressources minérales.

BIBLIOGRAPHIE:

ABBACHE A.E.K. (1996) - Etude paléogéographique et paléostratigraphique du massif de Bou-Mellah (Grand Pic de l'Ouarsenis ; Tell algéro-oranais) "Algérie Ouest". *Mém. Ing. d'Etat. Univ. Oran.* 65p., 25 fig., 7 pl.

ARIBI A (1994) - Etude pétrographique des dépôts détritiques (sédimentologie, séquence et environnement) du massif culminant de l'Ouarsenis (Kef Sidi Amar). *Mém. Ing. d'Etat. Univ. Oran.* P 64., 29 fig., pl., 25 tabl.

ATIF. K.F.T. (1992) - Contribution à l'étude géologique stratigraphie, sédimentologie, et évolution paléogéographique de la série de Lias-Dogger de Kef Sidi Amar "massif culminant de l'Ouarsenis", Ouarsenis oriental. *Mém. Ing. Univ. Oran.* 129p, 51fig. 6 pl.

ATROPS F ; BENEST M. ET BENOSMAN B. (1991)-Nouvelles données stratigraphiques sur le Malm Berriasien du Grand Pic de l'Ouarsenis (bassin du Tell, Algérie) série de référence du domaine méditerranéen occidental. *Acad. Sci. Paris*, 312, série II, p.617-623.

AUGIER, C. (1967) - Quelques éléments essentiels de la couverture sédimentaire des Hauts-Plateaux. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, n. Sér., n° 34, pp.47-80, 8 fig., 2 tabl. 6 pl.

BARYTE – Professional paper 1802 D – US Department of interior – US Geological survey

BENHAMOU, M. (1996)- Evolution tectono-eustatique d'un bassin de la Téthys Maghrébine : l'Ouarsenis (Algérie) pendant le Jurassique inférieur et moyen. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université d'Oran.

BOURAS D (1999) - Dynamique sédimentaire de la transgression bajocienne de l'Ouarsenis (Tell algéro-oranais, Algérie occidentale). *Mém. Ing. d'Etat. Univ. Oran*, 71p. 27 fig .

BENYOUCEF. M (2006)- Les flyshs albo-Aptiens de l'Ouarsenis oriental (Algérie du Nord) : Aspect sédimentologique et reconstitution paléogéographique. *Mém. Magist., Univ. Oran*, 163p., 52 fig.

BENEST M. (1985) - Evolution de la plate-forme de l'Ouest algérien et du Nord-Est marocain, au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 95, fasc. 1-2, p. 1-581, 145

CALEMBERT L. (1937a) - Contribution à l'étude géologique du massif culminant de l'Ouarsenis (Algérie). *CR. Acad. Sc.*, t 205, P. 417, Paris.

CALEMBERT L. (1937) - Sur la stratigraphie du massif de l'Ouarsenis. *Ann. Soc. Géol. Bel*; t. LX, pp.B, 208-221.

CALEMBERT L. (1937) - Tectonique du massif culminant de l'Ouarsenis. *Ann. Soc. Géol. Belg., t. IXI, Mém. n°1*, pp.B4-38, fig. 18.

CALEMBERT L. (1952) Massif de l'Ouarsenis. *XIXe Congr. Géol. Inter., Alger*, 1,3 p.

CALEMBERT L. (1952) - Etude géologique du "Massif culminant de l'Ouarsenis". *Bull. Serv. Carte géol. de l'Algérie, 2è Sér. n° 23*, 184p ; 24 fig ; 2 tab ; 14pl.

FICHEUR. M (1889)- Géologie de l'Ouarsenis. Sur la présence de *XaTerebratuladiphyadans* l'Oxfordien supérieur. A F .A. S., Paris, 16 p., 3 fig.

FARES KHOUDJA F (1969) - Présence de *Uragiella, Dasycladacéed* du Lias moyen dans le massif de l'Ouarsenis (Sra Abdelkader). *Publ. Serv. Geol. Algérie, (N^{elle}serie). Bull. n°39*, pp. 144, 1 tab., 4 fig., Roma.

FRANCIS GUAY, B.Sc. 2018. *MINERALISATION AURIFERE ET DEFORMATION DE L'INDICE AURIFERE (RIVE DU LAC MALARTIC), SOUS-PROVINCE DE L'ABITIBI.* s.l. : UQAC à Chicoutimi, 2018. Mémoire.

Hubert PELISSONNIER- Les Gisements Minéraux Hydrothermaux en Contexte Sédimentaire - Bulletin de la Société belge de Géologie, T. 104 (3-4), 1995, pp. 199-244 – edit 1997.

KAZI TANI N. (1986)- Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doctorat d'Etat*, Pau, t. I et II, 784 p., 361 fig.

LARABI D (1997) - Etude d'une portion du bassin ombilic de l'Ouarsenis (Algérie nord-occidentale) : nature et géométrie des corps sédimentaires d'une plate-forme carbonatée contrôlée par la tectonique.). *Mém. Ing. d'Etat. Univ. Oran.* 84p., 25fig., 7 pl.

LALLAGUI Z (1998) - L'anatomie d'une plate forme carbonatée liasique exemple : Formation carbonatée de Kef Sidi Amar (Grand Pic de l'Ouarsenis). *Mém. Ing. d'Etat. Univ. Oran.* 71p 28 fig., 6 pl.

LOUHA. (2012)- contribution à l'étude géologique du gisement de Belcaïd (Ouarsenis., Tissemsilt). *Mémoire de Magister* (USTHB, Alger).

MATTAUER M. (1958)- Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie). *Publ. serv. Carte.géol., Algérie, n°17*, 534 p.

Marteau P. , avec la collaboration de Colin S et Vincens B. (2014) – Mémento Barytine. Rapport BRGM/RP-63974-FR, 60 P. 20fig. , 4 tabl., 1ann.

MEMONTO BARYTINE – Rapport Final – BRGM /RP – 63974-FR Novembre 2014.

MOUMOU K. (1996)- Exemple d'une sédimentation réduite contrôlée par un paléoreliefcariézien et implication géodynamique (Rokbat El Aatba ; Grand Pic de l'Ouarsenis, Tell algéro-oranais, Algérie Ouest). *Mém. Ing. d'Etat., Univ. Oran.* 51 p. 20 fig., 8 pl.

N.CHIBKA. EXPLOITATION DES GISEMENTS METALLIFÈRES. Université de Annaba [éd.] OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES. 29 Rue Abi Nouas, Hydra, Alger : s.n.

NICAISE C. (1869)- Note sur la géologie du massif jurassique de l'Ouarsenis. *Bull. Soc. Climat d'Alger*, n° 1, pp.58-67.

POLVECHE J. (1960) - Contribution à l'étude géologique de l'Ouarsenis oranais. *Publ. Serv. carte géol. de l'Algérie (N^{le} sér.) t.II*, Bull., n° 24, 577p. 169 fig., 20 pl.

SALHI Djamila, LOUNCI Kahina. 2016. *ÉTUDE DES FILONS DE BARYTINE DE BENI SNOUSS (WILAYA DE TLEMCEM)*. Tizi-Ouzou : UMMTO, 2016. Mémoire.

TCHOUMACHENCKO. P et KHIRSCHEV K. (1992) - Le jurassique dans les monts de Tiaret et de l'Ouarsenis occidental (Algérie). *Géol. Balcania*, Sofia ; I Stratigraphie, 22 : 2939 ; II. *Paléontologie*, 22-6 : 63-69.

V.SMIRNOV. Géologie des minéraux utiles. [éd.] 2, Pervi Rijski péréoulouk, Moscou, 1-110, GPS , U.R.S.S Mir.

WELSCH. J (1890) Sur un îlots de terrain crystallophyllien à l'îlots de Berinschel au Nord de Tiaza. *C.R. 19^{me} Cong. Ass. France. Avanc. Sci.* Limoges, p. 397.

ZAAGANE M (2007) - Etude géostatistique des éboulements sur les versants du Grand Pic de l'Ouarsenis: porteur des risques sur la population limitrophe. *Mém. Magist. Univ., Oran.*, p.49 fig. 5 pl.

ZEGHARI A (2009)- étude sédimentologique et structurale du bloc Belkhairret (Sud du Grand Pic de l'Ouarsenis. *Mém, Ing. Univ. d'Oran.*