



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed benhmed - Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département Des Science de la terre

N/D'ordre :

Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master2

Option : Ressources Minérales Géomatériaux et environnement

Thème :

Étude géologique et gîtologique comparative entre les gisements de baryte de Boucaïd W-Tissemsilt et Berrouaghia W-Médea

Présentée par :

M.DALAA Ali

Mlle. NOUR Razika Chaïma

Soutenue publiquement le 02 juillet 2025, Devant le jury composé de :

- **Président :** Mr. BOUZID Rabah Université Mohamed benhmed- Oran2
- **Encadreur :** Mr. BAAOUAGUE Abdelbaki Université Mohamed benhmed- Oran2
- **Examineur :** Mme.LAGRAA Karima Université Mohamed benhmed-Oran2

Année universitaire : 2024/2025

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والصلاة والسلام على سيدنا محمد، خاتم الأنبياء والمرسلين، سيد الخلق أجمعين، وعلى آله وصحبه الطيبين الطاهرين، ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين.

أما بعد، فإنه من فضل الله وتوفيقه أن وفقنا لإتمام هذا العمل المتواضع، الذي يمثل ثمرة مجهود متواصل وبحث دقيق في مجال الجيولوجيا الاقتصادية، سائلين المولى عز وجل أن يجعله خالصا لوجهه الكريم.

Dédicace

“

*À la mémoire de mon cher père, que Dieu lui accorde Sa miséricorde et
l'accueille en Son vaste paradis*

*À ma chère mère, pour son amour infini, ses sacrifices, son soutien
constant et ses prières sincères qui m'ont accompagné tout au long de ce
parcours..*

*À mon honorable maître, Cheikh Falah Mohamed, pour ses enseignements
précieux, ses conseils avisés et son soutien moral sans faille..*

*À mes amis fidèles, pour leur présence, leur motivation, leur soutien et
leur amitié tout au long de cette aventure..*

*À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la
réalisation de ce travail.*

*Vos efforts, même modestes, ont eu un impact significatif dans
l'achèvement de ce mémoire..*

À vous tous, je dédie ce modeste travail avec gratitude et reconnaissance.

”

- Ali

“

*À ma chère mère, pour son amour inconditionnel, sa patience et ses sacrifices, qui
m'ont permis de grandir et de réussir.*

À mon cher père, pour sa sagesse, ses conseils précieux et son soutien constant.

*À mes chers frères, qui ont été une source de motivation et de solidarité tout au long
de mon parcours scolaire.*

*À mes professeurs, pour leur enseignement, leur bienveillance et leur engagement
envers ma réussite.*

*Enfin, un merci tout particulier à mon professeur MBessedik, dont le soutien,
l'encouragement et l'accompagnement pendant ces cinq dernières années ont été
essentiels à ma réussite. Sa générosité et son professionnalisme resteront à jamais
gravés dans ma mémoire.*

”

- Nour

Remerciements

Je commence par exprimer ma profonde gratitude à Allah le Tout-Puissant, qui m'a accordé le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier de tout cœur ma mère, pour sa patience, son soutien et pour avoir toujours été là pour moi. Qu'Allah comble son cœur de joie et de sérénité. Je prie également pour mon père et que Dieu fasse miséricorde à son âme.

Je tiens à remercier Monsieur BAAOUAGUE Abdelbaki mon encadreur à l'université, pour avoir accepté de suivre mon travail de recherche et d'être toujours disponible en cas de besoin.

Je tiens également à remercier monsieur H. **Benramdane** mon encadreur de stage, pour avoir encadré mon travail pratique par ses conseils, ses recommandations et son suivie.

Je ne saurais trop remercier tous les encadrants et responsables qui ont organisé la sortie de terrain à Boucaïd, pour leur accueil chaleureux, leurs explications et leur rôle important dans l'enrichissement de nos connaissances sur le terrain.

Je souhaite également remercier les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'examiner ce mémoire et pour le temps qu'ils y consacrent.

Je tiens, pour finir, à exprimer ma reconnaissance à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé, soutenu, encouragé et ainsi contribué à l'aboutissement de ce travail.

ملخص :

تهدف هذه الدراسة الجيولوجية المقارنة ورواسب الخام إلى تسليط الضوء على أوجه التشابه والاختلاف بين رواسب بوقايد وبرواقية من حيث التركيبات التكتونية والصخور ونوع التمعدن والتاريخ الجيولوجي

من منظور جيولوجي، تقع رواسب برواقية في تكوينات العصر الطباشيري العلوي المتجانسة نسبياً وغير المشوهة نسبياً مقارنةً بالتكوينات الإقليمية. عروق الباريت بسيطة، وتتكون من صفيحة باريوم واحدة (باريت نقي) دون أي تغيير أو تعقيدات هيكلية. في المقابل، تقع رواسب بوقايد في سياق جيولوجي أكثر تعقيداً يتكون من تكوينات العصر الجوراسي المشوهة بفعل تكتونيات كبيرة (طيات، صدوع عكسية، صدوع انزلاقية) التي تحكمت في غرس التمعدن متعدد المعادن من نوع MVT. توجد أيضاً عروق مرتبطة بتغيرات الجينات الفائقة، مما يعكس تطوراً جيولوجياً أطول وبالتالي، يُمكن القول إن رواسب البرواقية تُشير إلى رواسب هادئة ذات تمعدن غير مُعقد نسبياً، بينما تُشير رواسب بوقايد إلى حركات تكتونية وتمعدن أكثر اضطراباً، ولكنها أكثر ملائمة لتركيز المعادن.

تُظهر هذه النتائج أن رواسب بوقايد يُحتمل أن تتمتع بإمكانات اقتصادية ومعدنية أكبر من رواسب البرواقية، التي لا تزال واعدة لاستغلال البارييت النقي عالي الجودة. تُوفر هذه الدراسة فهمًا أفضل للموارد المعدنية المحلية، وتُثري جهود الاستكشاف والاستغلال المستقبلية.

Résumé

Cette étude géologique et gîtologique comparative a pour objectif de mettre en évidence les points communs et les différences entre les gisements de Boucaïd et de Berrouaghia en termes de structures tectoniques, de lithologie, de type de minéralisation et d'histoire géologique.

D'un point de vue géologique, le gisement de Berrouaghia est localisé dans des formations crétacées supérieures assez homogènes et peu déformées par rapport à la tectonique régionale. Les veinules de barytine sont simples, formés de barium en monoplaque (barytine pure) sans altération et sans complication structurale.

Cependant, le gisement de Boucaïd se situe dans un contexte géologique plus complexe constitué de formations jurassiques déformées par une tectonique importante (plis, failles inverses, failles de coulissage) ayant contrôlé l'implantation de la minéralisation polymétallique de type MVT. On note aussi des veinules en rapport avec une altération supergène traduisant une évolution géologique plus longue.

Ainsi, on peut dire que le gisement de Berrouaghia est le témoin d'un dépôt Stable avec une minéralisation peu complexe alors que celui de Boucaïd est le témoin d'une tectonique et d'une minéralisation plus perturbées mais en plus favorables à une concentration minérale.

Il ressort de ces résultats que le gisement de Boucaïd est susceptible d'avoir un potentiel économique et métallogénique supérieur à celui de Berrouaghia qui reste toutefois prometteur pour l'exploitation d'une barytine pure et de qualité. Cette étude génère une meilleure connaissance des ressources minérales locales et éclaire des futures actions d'exploration et d'exploitation.

Mots clés : Gisement barytique, Boucaïd, Berrouaghia, barytine (BaSO_4), minéralisation hydrothermale, gîtes filoniens, gîtes karstiques, altération supergène, galène (PbS), sphalérite (ZnS), calcite, complexité géologique, comparaison minéralogique, potentiel économique, MVT (Mississippi Valley Type).

Abstract:

This comparative geological and ore deposit study aims to highlight the similarities and differences between the Boucaïd and Berrouaghia deposits in terms of tectonic structures, lithology, mineralization type, and geological history.

From a geological perspective, the Berrouaghia deposit is located in Upper Cretaceous formations that are relatively homogeneous and relatively undeformed compared to regional tectonics. The barite veinlets are simple, formed from single-plate barium (pure barite) without alteration or structural complications.

In contrast, the Boucaïd deposit is located in a more complex geological context consisting of Jurassic formations deformed by significant tectonics (folds, reverse faults, strike-slip faults) that controlled the implantation of the MVT-type polymetallic mineralization. There are also veinlets related to supergene alteration, reflecting a longer geological evolution. Thus, it can be said that the Berrouaghia deposit is evidence of a quiet deposit with relatively uncomplicated mineralization, while the Boucaïd deposit is evidence of more disturbed tectonics and mineralization, but more favorable to mineral concentration.

These results show that the Boucaïd deposit is likely to have greater economic and metallogenic potential than the Berrouaghia deposit, which nevertheless remains promising for the exploitation of pure, high-quality barite. This study provides a better understanding of local mineral resources and informs future exploration and exploitation efforts.

Table de Matière :

Dédicace	III
Remerciements :	V
Résumé	VII
Table de Matière :	IX
Table des figures :	XII
Liste des Tableaux :	XIII
Liste des sigles et abréviations :	XIV
INTRODUCTION GENERALE :	1
1. Importance du sujet et des ressources minérales :	1
2. Objectifs du mémoire :	2
Chapitre01 : GÉNÉRALITÉS	3
1. Introduction	3
2. Présentation générale de la région de Berrouaghia (W. Médéa) :	3
2.1 Situation géographique de Berrouaghia	4
2.2 Topographie et climatologie de Berrouaghia :	5
3. Hydrographie et Hydrographie de Berrouaghia :	5
4. Historique des travaux de Berrouaghia :	6
5. Présentation générale de la région de Boucaïd (W. Tissemsilt) :	8
5.1 Situation géographique de Boucaïd :	8
5.2 Topographie et climatologie de Boucaïd :	10
6. Hydrographie et Hydrologie de Boucaïd :	11
7. Historique des travaux de Boucaïd :	12
8. Conclusion de Chapitre :	13
Chapitre 02 : Cadre géologique Régional et Local.	14
1. Introduction :	14
2. Cadre géologique Berrouaghia :	14
2.1 Présentation de la géologie régionale Berrouaghia	14
2.2 Structures géologiques caractéristiques :	15
3. Contexte géologique :	18
3.1 Histoire géologique de la région de Berrouaghia :	18
3.2 Présentation Stratigraphie du site :	18
3.3 Le Mésozoïque :	18

4.	Cadre géologique de Boucaïd :	24
4.1	Présentation de la géologie régionale de Boucaïd :	24
4.2	Structures géologiques caractéristiques :	24
5.	Contexte géologique de Boucaïd :	25
5.1	Histoire géologique de la région de Boucaïd :	25
5.2	Présentation Stratigraphi du site :	25
5.3	Le Paléozoïque : Les fondations énigmatiques :	26
5.4	Le Mésozoïque : L'ère des dépôts sédimentaires clés.....	27
6.	Conclusion de Chapitre :	34
Chapitre 03 : Géologie ET Minéralogie des deux GISEMENTS.....		36
1.	Introduction	35
2.	Gisement barytique de de Berrouaghia :	35
3.	Situation du corps minéralisé de Berrouaghia.....	36
4.	Mode d'exploitation (Gisement de Berrouaghia):	37
5.	Présentation des gîtes (Gisement de Berrouaghia):.....	37
6.	Description et caractéristiques géologique et minéralogique (Gisement de Berrouaghia):	38
7.	Gisements barytiques de Boucaïd :	41
8.	Mode d'exploitation (Gisement de Boucaïd) :	42
9.	Présentation des gîtes (Gisement de Boucaïd)	43
10.	Caractéristiques géologiques (Gisement de Boucïde)	46
11.	Caractéristiques minéralogiques (Gisement de Boucïde).....	46
12.	Description Macroscopique :	48
13.	Description Microscopique :	53
14.	Description Générale :	59
15.	La minéralisation	60
16.	Conclusion du Chapitre :	61
Chpitre04 : Comparaison des deux GISEMENTS		62
1.	Introduction :	61
2.	Comparaison des caractéristiques géologiques :	61
3.	Comparaison de minéralisation :	62
4.	Comparaison des types de gîtes	63
5.	Comparaison économique et qualitative :	64
6.	Conclusion sur le type de Gisements :	66
7.	Conclusion du Chapitre :	67

Table de Matière

Conclusion GENERALE :	68
Bibliographie	69

Table des figures :

Figure 1- situation topographique de gisement de koudiat safia (extrait de la carte topographique au 1/50000 de berrouaghia).....	3
Figure 2 - sitiation géographique de la région de berrouaghia - Médéa	4
Figure 3- carte topographique dz la région de boucaïd	8
Figure 4- panorama photographique montrant les quatre pitons de grand pic (mémoire MASTER Benaama Amina - ORAN2, 2021).	9
Figure 5- situation géographique du massif de L'Ouarsenis dans l Atlas tellien (BENHAMOU,1996)	10
Figure 6 - Carte géologique au 1/50 000 de Berrouaghia (SN REPAL).....	15
Figure 7 - tableau montrant la série synthétique du bassin de l'Ouarsenis (sans échelle) (ZEGHARI ,2013).....	33
Figure 8 - Vue générale du site de Berrouaghia.....	35
Figure 9- : lieu d'extraction du tout-venant de baryte (zone d'extraction Google earth)	36
Figure 10 - Échantillon de barytine massive	39
Figure 11 - les calcaires du Vraconien au Nord du gisement de Berouaghia	39
Figure 12 - Barytine berouaghia Cristalline	39
Figure 13 - vue de Boucïde (sraa abdelkader).....	41
Figure 14 - Plan de circulation du gisement de Lakhdar au niveau 1550 m.	42
Figure 15 - Portail d'accès et infrastructures principales du gisement de Lakhdar.	43
Figure 16 - Vue du portail principal d'accès du Gisement nord	45
Figure 17 - Échantillon de baryte associé à de la calcite et de la dolomite altérées.....	47
Figure 18 - Présence de traces de sulfures métalliques : galène (PbS).	47
Figure 19 - Phénomène d'oxydation des minéraux de fer observé sur l'échantillon.	48
Figure 21 - A1 lumière naturel	53
Figure 22 - A1 lumière polarisée analysée (LNPA).....	53
Figure 23 - A2 lumière naturel	54
Figure 24 - A2 lumière polarisée analysée (LNPA).....	54
Figure 25 - A3 lumière naturel	55
Figure 26 - A3 lumière polarisée analysée (LNPA).....	55
Figure 27 - A4 lumière Naturel	55
Figure 28 - A4 lumière polarisée analysée (LNPA).....	55
Figure 29 - B1 lumière naturel	56
Figure 30 - B1 lumière polarisée analysée (LNPA).....	56
Figure 31 - B2 lumière Naturel	57
Figure 32 - B2 lumière polarisée analysée (LNPA).....	57
Figure 33 - B3 lumière Naturel	57
Figure 34 - B3 lumière polarisée analysée (LNPA).....	57
Figure 35 - B4 lumière Naturel	58
Figure 36 - B4 lumière polarisée analysée (LNPA).....	58
Figure 20 - Zone de contact montrant le filon de baryte en liaison avec le calcaire.	60
Figure 37 - Échantillon monominéral constitué exclusivement de baryte.	65
Figure 38 - Stock de produits semi-finis de baryte sur le site de Boucaïd.	65
Figure 39 - Échantillon de baryte provenant du gisement de Berrouaghia.	66

Figure 40 - Stock de produits semi-finis de baryte sur le site de Berrouaghia. 66

Liste des Tableaux :

Tableau 1 - Description macroscopique des échantillons A1 à B4..... 52

Tableau 2 - Comparaison des caractéristiques géologiques, tectoniques et structurales.
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 3 - Comparaison des caractéristiques de minéralisation. 62

Tableau 4 - Comparaison des types de gîtes et de leur complexité minéralogique..... 63

Tableau 5 - Comparaison économique et qualitative des gisements..... 64

Liste des sigles et abréviations :

MVT	Mississippi Valley Type (Type de gisement hydrothermal)
HCl	Acide chlorhydrique
°C	Degré Celsius
LN	Lumière Naturelle (Observation microscopique)
LNPA	Lumière Naturel Polarisée Analysée
SN REPAL	Société nationale de recherche et d'exploitation de pétrole en Algérie
%	pourcentage

-INTRODUCTION GENERALE :

L'étude géologique et gîtologique comparative des gisements de baryte de Boucaïd et Berrouaghia s'inscrit dans un contexte de valorisation des ressources minérales nationales et de développement industriel. La baryte ou sulfate de baryte, principal minéral de baryum (BaSO_4), est un minéral industriel essentiel dont les applications sont variées, du point de vue:

- Industrie pétrolière : la baryte est un composant majeur des boues de forage et est utilisée pour contrôler la pression des puits et les outils de forage.
- Industrie chimique : la baryte est un composant de nombreux produits chimiques, tels que les colorants, les peintures, les agents de radioprotection et les produits pharmaceutiques.
- Industrie manufacturière : Industrie de la fabrication: Baryte est utilisé dans la fabrication de peintures, de papier, de plastique, de caoutchouc, de verre, de céramique et d'étanchéité. Aujourd'hui, la Barytine est utilisée comme facteur de contraste dans les examens de photographie des rayons x.

La demande unilatérale de baryum est toujours écrasée ainsi que le développement des industries de la boîte et l'exploration dynamique du pétrole et du gaz. En conséquence, les sessions de solidarité Boucaïd et Berrouaghia sont dans un état de réponse à cette demande et à la promotion de son économie nationale.

1. Importance du sujet et des ressources minérales :

Cette étude présente un intérêt à plus d'un titre :

- Sur le plan scientifique : Elle permettra de mieux connaître les gisements de barytine de Boucaïd et de Berrouaghia , en décrivant leur formation, leurs minéralisations, leur morphologie et leur genèse.
- Sur le plan économique : Elle aidera à déterminer s'ils sont intéressants à exploiter: si ces gisements sont suffisamment gros et contiennent de la barytine de bonne qualité pour être exploités.
- Sur le plan industriel : Elle aidera les entreprises minières à mieux chercher, extraire et vendre les minéraux de barytine, tout en tenant compte des difficultés techniques, environnementales et économiques.

- Sur le plan local : cette étude servira au développement des régions de Boucaïd et Berrouaghia, aidant à créer des emplois, des taxes et d'autres activités économiques.

2. Objectifs du mémoire :

-Le présent mémoire vise à :

- Caractériser les gisements : identifier les caractéristiques géologiques, minéralogiques, pétrographiques et structurales des gisements de baryte de Boucaïd et Berrouaghia, à partir des données de terrain, de laboratoire (microscopie optique) et de modélisation.
- Comparer les gisements : établir une comparaison entre les deux gisements en fonction du type de minéralisation (filonienne, stratiforme, disséminée), du contexte géologique (âge des formations encaissantes, nature des roches associées, structures tectoniques), de la teneur en baryte, de la dimension et de la forme des volumes minéralisés.
- Évaluer le potentiel : chiffrer les ressources de baryte des deux gisements, en s'appuyant sur les données géologiques, et des données économiques. Évaluer leur potentiel économique, en intégrant les coûts d'extraction, de traitement et de transport, ainsi que les prix du marché.

Chapitre01 :

GÉNÉRALITÉS

1. Introduction

Ce premier chapitre constitue une étape fondamentale dans l'étude comparative des gisements de baryte de Berrouaghia et de Boucaïd. Il vise à présenter les principales caractéristiques géographiques, topographiques, climatiques, hydrographiques et historiques de chacune de ces régions. Cette mise en contexte est essentielle pour comprendre les particularités des deux sites, tant sur le plan géologique que gîtologique, et pour préparer l'analyse détaillée qui sera développée dans les chapitres suivants portant sur le cadre géologique, la gîtologie et la minéralogie des gisements étudiés.

2. Présentation générale de la région de Berrouaghia (W. Médéa) :

Nous avons travaillé dans la commune de Berrouaghia. Il s'agit d'une commune d'Algérie, située dans la région du Tell, au NW de la wilaya de Médéa. On y accède par la route nationale RN30, puisque cette commune se situe à une quinzaine de kilomètre au SE de la ville de Médéa. C'est une petite ville située à environ 940 m d'altitude, elle est coincée dans une dépression entre l'Atlas blidéen au Nord et le massif de l'Ouarsenis, au Sud.

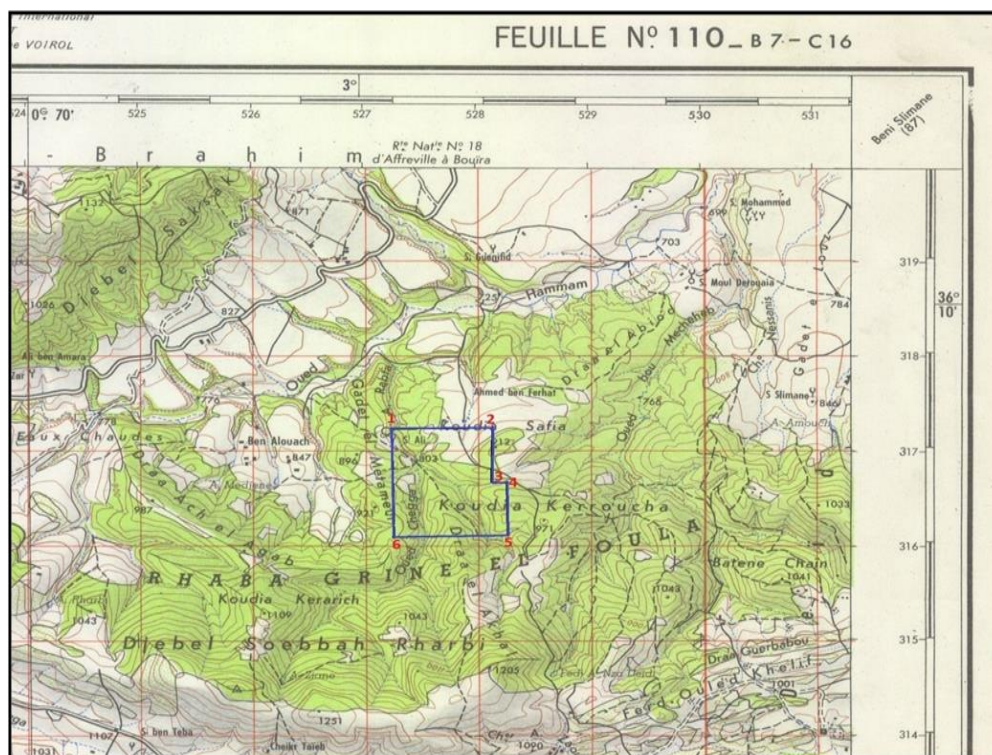


Figure 1- situation topographique de gisement de Koudiat Safia (extrait de la carte topographique au 1/50000 de Berrouaghia)

2.1 Situation géographique de Berrouaghia :

La région de Berrouaghia se localise sur la chaîne bibanique du Pic tellien, à savoir dans sa partie sud de l'Atlas tellien. On parle donc de « zone sud-tellienne ». Elle est délimitée au Nord par le bassin néogène de Médéa, au Sud par les entités sud-telliennes de Boughari, à l'Est par les affleurements de Souagui et Ben Slimane et à l'Ouest par les Monts du Cheliff. Berrouaghia est une région montagneuse, elle correspond à un massif composé d'un relief assez fort dont les sommets peuvent atteindre les 1500m d'altitude. Le climat est subaride, de type méditerranéen montagnard ou continental les saisons y sont très marquées, l'hiver froid et rigoureux et l'été chaud ou la température peut monter au delà des 40°C. Carrefour de nombreuses pistes entremêlées, Berrouaghia subit comme bien d'autres villes de l'intérieur le vent du siroco venu du désert du sud.

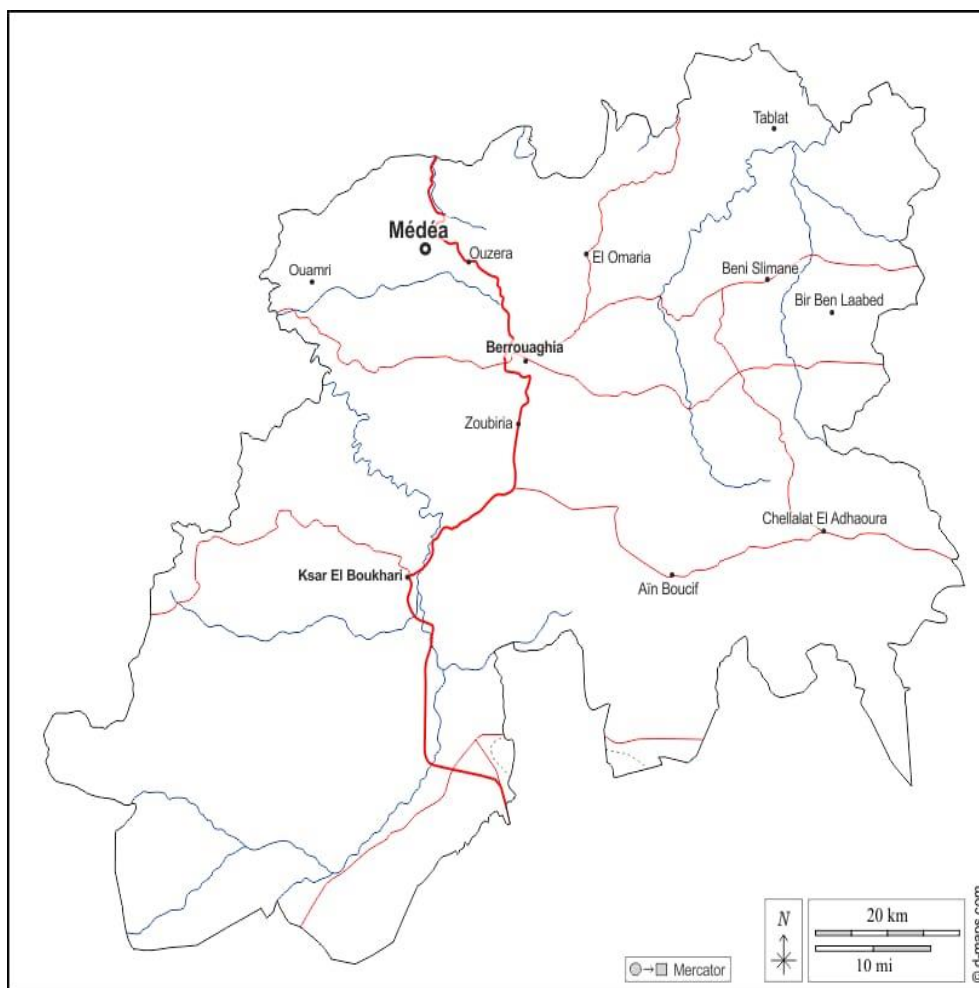


Figure 2 - Satiation géographique de la région de Berrouaghia - Médéa.

2.2 Topographie et climatologie de Berrouaghia :

La région de Berrouaghia, située dans la wilaya de Médéa en Algérie, présente une topographie et une climatologie distinctes en raison de sa position géographique au cœur de l'Atlas tellien.

- **Topographie :**

Berrouaghia est Nichée à une altitude d'environ 939 mètres, Berrouaghia se dresse comme une ville de montagne au sein de l'Atlas tellien. Elle est localisée dans une dépression naturelle, bordée au nord par l'Atlas blidéen et au sud par le massif de l'Ouarsenis, dont les monts de Bibans marquent l'extrémité sud-est de la commune. Cette configuration topographique lui confère un paysage varié, allant des zones montagneuses aux quelques plaines de faible étendue.

La région fait partie du Titteri, une zone de transition entre le Tell et le Sahara, et un point de jonction entre les Hauts Plateaux de l'Est et de l'Ouest algériens. Cette position stratégique influence également son relief.

- **Climatologie :**

Berrouaghia, avec un climat tempéré méditerranéen chaud et sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger, présente des caractéristiques telles qu'une température moyenne annuelle d'environ 15.9°C et des précipitations annuelles moyennes de 676.3 mm. L'été est court, très chaud et sec, généralement dégagé, avec les mois de juillet et août étant les plus chauds, affichant des températures maximales moyennes autour de 32°C. L'hiver est long, frais et partiellement nuageux, avec janvier étant le mois le plus froid, avec des températures minimales autour de 1°C et un maximum d'environ 11°C. La saison hivernale s'étend de la mi-novembre à la mi-mars, avec des températures moyennes inférieures à 16°C. Les pluies surviennent principalement en hiver, avec décembre étant le mois le plus pluvieux (52 mm en moyenne), tandis que la période de sécheresse s'étend de la mi-juin à la fin août, avec juillet enregistrant les précipitations les plus faibles (3 mm). Les mois de mai, juin, juillet, août, et octobre sont les meilleures périodes pour visiter Berrouaghia.

3. Hydrographie et Hydrographie de Berrouaghia :

Le réseau hydrographique de la région se caractérise par sa faible densité, conséquence directe de sa composition géologique et de son climat aride à semi-aride. Les oueds éphémères et intermittents constituent les principales caractéristiques des eaux de surface. Ces cours d'eau

restent à sec la majeure partie de l'année, ne se transformant en écoulements torrentiels qu'en période de fortes pluies. Leur nature temporaire signifie qu'ils ne contribuent que très peu à la disponibilité des eaux de surface pérennes.

La région repose sur un système aquifère complexe, composé de plusieurs entités superposées, chacune présentant des caractéristiques distinctes en termes de profondeur, de productivité et de vulnérabilité. On distingue principalement deux types d'aquifères : les aquifères superficiels, constitués principalement des alluvions récentes des oueds et des formations quaternaires, qui abritent une nappe phréatique peu profonde, relativement accessible pour l'exploitation, mais également très vulnérables à la pollution d'origine anthropique, comme les activités agricoles et les rejets domestiques, ainsi qu'à la salinisation. La qualité de l'eau dans ces aquifères est souvent variable et nécessite une surveillance attentive. Les aquifères profonds, quant à eux, se trouvent dans des formations géologiques plus anciennes telles que celles du Mio-Pliocène et du Crétacé. Ils sont généralement situés à plus grande profondeur, offrant une meilleure productivité et des débits plus stables, tout en étant protégés naturellement contre la pollution de surface, bien qu'ils puissent être exposés à une contamination à long terme si les pratiques de gestion ne sont pas rigoureuses. La qualité de l'eau souterraine, qui varie en fonction de la profondeur de l'aquifère et de la géologie locale, est un paramètre essentiel. Des problèmes de salinité, d'origine naturelle ou liée à l'intrusion saline dans les aquifères côtiers exacerbée par la surexploitation, sont couramment rencontrés, rendant la surveillance de la qualité de l'eau indispensable pour garantir sa potabilité et son adéquation aux usages agricoles.

Ces données contribuent également à la compréhension des processus tectoniques anciens, notamment dans les zones ayant subi des compressions ou traversées par des failles qui influencent la circulation et le stockage des eaux. Ainsi, la combinaison des données hydrographiques et hydrogéologiques constitue une étape indispensable dans toute étude géologique visant l'évaluation des ressources naturelles, en particulier les minerais et les eaux.

4. Historique des travaux sur la région de Berrouaghia :

L'indice de minerais de Koudiat-Safia a été identifié pour la première fois dans le cadre du levé géologique réalisé à l'échelle 1/50 000 sur la feuille n°110 par la société SN REPAL en 1966. Cette étape initiale marque le début de l'exploration géologique de la région.

Au cours des décennies suivantes, notamment dans les années 1970 et 1980, plusieurs cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 ont été établies couvrant une grande partie du territoire de la

wilaya de Médéa. Les feuilles concernées par ces travaux sont les n°63, 64, 65, 87, 110 et 111, reflétant un effort systématique de cartographie géologique du secteur.

L'année suivante, en 1982, un rapport technique a été produit par SONAREM dans le cadre d'un projet de prospection sur la barytine dans la région de Berrouaghia. Les auteurs du rapport, V. Koutenets, Dmitrovski L., Makoudi S. et collaborateurs, y ont présenté les objectifs, la méthodologie ainsi que les premières observations relatives à la présence de barytine.

En 1983, un rapport préliminaire a été rédigé par M. Aoudjehane, résumant les résultats des travaux menés lors de la campagne estivale sur le gisement de Koudiat-Safia. Ce document a permis de poser les bases pour une étude approfondie du site. Parallèlement, un autre rapport a été élaboré sur les résultats des prospections et évaluations exécutées dans le cadre du contrat N°55-100/22000, couvrant le nord de l'Algérie au cours du premier trimestre de la même année. Cette même période a également vu la production d'un rapport informatif consacré spécifiquement à la prospection de la baryte dans la région de Berrouaghia, sous la coordination de V. Koutenets et L. Dmitrovski.

En 1984, une étude de laboratoire sur l'enrichissement d'un échantillon prélevé sur le site (échantillon T-1 de Koudiat-Safia) a été menée par B. Yahiaoui et B. Khelladi. Cette étude visait à évaluer les possibilités de valorisation du minerai extrait.

L'année suivante, en 1985, l'EREM a produit un rapport d'évaluation détaillée du gisement de barytine de Koudiat-Safia. Ce document, réalisé par Tchalik L., Tcheredntk V. et collaborateurs, incluait notamment un calcul des réserves estimées, fournissant ainsi des données cruciales pour la suite des travaux de développement.

Entre 1984 et 1988, de nouvelles recherches ont été effectuées sur les polymétaux dans la région de Berrouaghia, plus précisément sur les feuilles 110 et 111. Ces travaux ont été documentés par Benahmed A., Kirnossenko M. et leur équipe, apportant un éclairage supplémentaire sur le potentiel minéral diversifié de la zone.

En 1994, la société Sidam, en collaboration avec ENOF, a conçu un schéma d'enrichissement du minerai de barytine extrait à Koudiat-Safia. Ce schéma avait pour but d'optimiser les méthodes de traitement afin d'augmenter la qualité du produit final.

Enfin, en 1995, un rapport final sur l'étude complète du minerai de barytine de Koudiat-Safia a été publié par Sidam. Ce document marque l'aboutissement de plusieurs décennies de recherches et d'évaluations sur ce site minier prometteur.

5. Présentation générale de la région de Boucaïd (W. Tissemsilt) :

5.1 Situation géographique de Boucaïd :

La région de Boucaïd est située dans le massif montagneux d'Ouarsenis (une zone de jonction entre l'Ouarsenis oriental et occidental). Elle se situe à 70 Km au Nord-Est du Chlef la wilaya de Tissemsilt, à 250Km au Sud-Ouest de la capitale d'Alger. (Belfarh, 2023).



Figure 3- carte topographique de la région de Boucaïd

Avec une superficie d'environ 1 500 km², Boucaïd qui fait partie de la chaîne de l'Ouarsenis, se caractérise par un relief montagneux typique des chaînes telliennes. Ces chaînes de montagnes, qui s'étendent le long de la côte méditerranéenne de l'Afrique du Nord, sont connues pour leurs sommets escarpés, leurs vallées profondes et leurs gorges sinueuses. À Boucaïd, ce relief particulier a façonné des Paysages spectaculaires, où alternent montagnes imposantes et vallées encaissées.



Figure 4- panorama photographique montrant les quatre pitons de grand pic (mémoire MASTER Benaama Amina - ORAN2, 2021).

Les formations rocheuses complexes qui la composent témoignent d'une longue histoire géologique par les âges suivants : mésozoïque (trias_ jurassique _ crétacé) et quaternaire et marquée par des mouvements Tectoniques et des processus d'érosion. Cette complexité géologique est un facteur Clé dans la formation de gisements minéraux, faisant de Boucaïd une zone Potentiellement riche en ressources naturelles.

-Situation géographique du massif de l'Ouarsenis :

L'atlas tellien est une chaîne de montagnes qui traverse plusieurs pays du nord de L'Afrique, dont l'Algérie.

L'Atlas tellien traverse l'Algérie de l'est à l'ouest. Il s'étend sur environ 1500 Km et est composé de plusieurs massifs du nord au sud, les massifs côtiers, médians et intérieurs, Cette région est connue pour sa diversité géologique et biologique, ainsi que pour ses paysages montagneux spectaculaire et également une source importante de ressources naturelles, notamment de minéraux, du gaz naturel.

Les monts de l'Ouarsenis font partie intégrante des massifs intérieurs sur la bordure Sudtellienne et sont limités, au Nord par la plaine de Chélif, 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 (Mattaue, 1958).

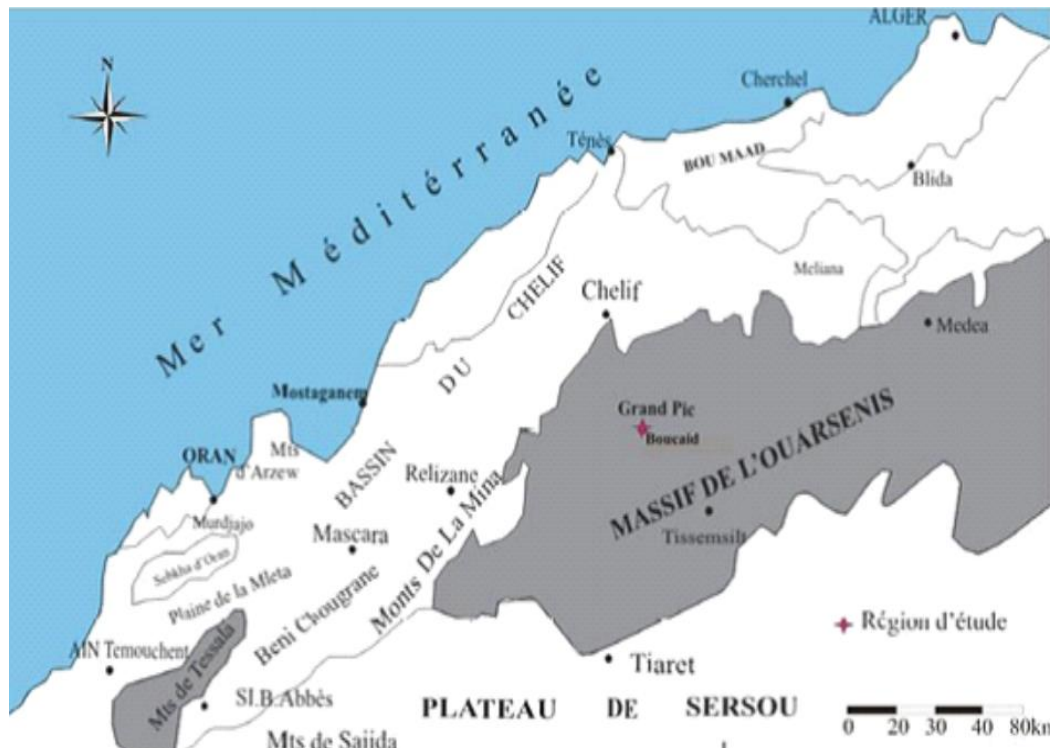


Figure 5- situation géographique du massif de L'Ouarsenis dans l'Atlas tellien (in BENHAMOU,1996)

5.2 Topographie et climatologie de Boucaïd :

La région de Boucaïd, située dans la wilaya de Tissemsilt en Algérie, se caractérise par une topographie accidentée et un climat méditerranéen influencé par l'altitude. Elle fait partie intégrante du massif de l'Ouarsenis, connu pour ses reliefs escarpés et ses sommets élevés.

• Topographie :

Boucaïd est perchée à une altitude moyenne variant entre 800 et 1 200 mètres, avec certains sommets dépassant cette dernière valeur. Elle se trouve au cœur du massif de l'Ouarsenis, ce qui lui confère un relief marqué par des montagnes, des collines abruptes et des vallées profondes.

Cette configuration topographique favorise l'écoulement des eaux de ruissellement, les phénomènes d'érosion et conditionne la distribution des formations géologiques visibles dans la région. Le paysage est très diversifié, alternant zones montagneuses d'accès difficile et dépressions plus accessibles.

La position géographique de Boucaïd dans la partie occidentale du Tell lui confère également un rôle de transition entre le nord humide et les zones semi-arides du sud.

- **Climatologie :**

Le climat de Boucaïd est de type méditerranéen tempéré à tendance montagnarde (classification Köppen-Geiger : Csa), avec des variations importantes selon l'altitude. La température moyenne annuelle varie entre 14 et 16°C en fonction des zones d'altitude, tandis que les précipitations annuelles moyennes oscillent entre 500 et 700 mm. L'été est chaud, sec et relativement court, avec les mois de juillet et août enregistrant des températures maximales moyennes autour de 30 à 34°C. L'hiver, quant à lui, est froid, humide et prolongé, particulièrement en altitude, où les températures peuvent descendre sous 0°C. Le mois de janvier est le plus froid, avec des températures minimales proches de 0°C et des maximales ne dépassant guère 10°C. Les précipitations se concentrent principalement entre novembre et mars, décembre et janvier étant les mois les plus pluvieux, tandis que l'été est marqué par une sécheresse quasi-totale, notamment entre juin et août. Les mois d'avril, mai, septembre et octobre sont les plus favorables pour visiter la région, offrant des conditions climatiques agréables, avec des températures modérées et un faible risque de précipitations.

6. Hydrographie et Hydrologie de Boucaïd :

La région de Boucaïd, se caractérise par un réseau hydrographique relativement dense constitué principalement d'oueds temporaires prenant naissance dans les montagnes environnantes. Ces oueds assurent le drainage des eaux pluviales vers les zones basses, participant ainsi à l'alimentation des nappes phréatiques locales. Parmi eux, l'Oued Boucaïd et ses affluents occupent une place importante dans le régime hydrique de la région. La topographie accidentée favorise un écoulement rapide des eaux de surface, accentuant les phénomènes d'érosion et de ravinement, notamment durant la saison pluvieuse.

Par ailleurs, la présence de nombreuses sources naturelles nichées dans les vallées profondes représente une ressource précieuse pour l'approvisionnement en eau des populations

locales et des activités agricoles, bien que leur débit soit sujet à d'importantes variations saisonnières, en particulier pendant la période sèche.

Le régime hydrologique de Boucaïd présente les caractéristiques typiques du climat méditerranéen, marqué par une forte irrégularité des débits au cours de l'année. Les précipitations hivernales rechargent principalement les oueds et les nappes superficielles, tandis que l'été est dominé par une sécheresse quasi-totale et l'assèchement des cours d'eau de surface.

Les eaux souterraines sont stockées dans des aquifères peu profonds développés dans des formations perméables telles que les calcaires et grès, offrant un potentiel limité principalement exploité pour des usages domestiques et agricoles à petite échelle. Toutefois, la forte variabilité saisonnière des ressources en eau rend ces aquifères sensibles aux impacts du changement climatique et aux risques de surexploitation.

7. Historique des travaux sur la région de Boucaïd :

Les premiers gisements découverts dans la mine de Boucaïd sont des filons Plombo- Zinc en 1856, dans le lieu connu sous le nom de Grand Pic, ensuite ce fut le tour de ceux de Belkheiret et d'Abdelkader d'être découvert en 1860 et 1863 respectivement. Ceci a conduit à écrivain une demande d'obtention d'un permis d'exploration en 1872 par M. Terrailon et M. Calen. Mais les travaux ne furent jamais entamés pour certaines raisons et la région fut systématiquement abandonnée.

Le gisement de l'Ouarsenis connu depuis le Moyen-âge, la mise en exploitation du gisement de Boucaïd date de la fin du 19ème siècle pour les poly métaux (Pb-Zn), qui a son connu son apogée dans les 1940 suite aux études réalisées par le géologue français M. Fourme, la deuxième période a commencé avec la nationalisation des mines en 1966 et la continuité en matière d'exploitation des poly métaux, parallèlement la SONAREM a entamé les travaux de prospection à partir de 1967 qui cohérents dans les études et la reconnaissance systématique du gisement, en 1975, lors des travaux de levé géologique à Sidi bel Abbas, il y a eu la découverte d'une puissante structure barre tissée de 850m de longueur .l'exploitation et le traitement de la baryte a commencé en 1976.cette dernière à être fait l'objet des travaux de prospection et dévaluation de 1977 à 1981,la restructuration organique de la SONAREM fr 1983, a donnée naissance à l'entreprise ENOF qui hérita des unités de production dont l'unité de production de la baryte de la mine de Boucaïd. En 2001, l'ENOF donna naissance à la filiale SOMIBAR qui signifie : Société des Mines de Baryte d'Algérie, qui hérita de la mine.

8. Conclusion de Chapitre :

À travers ce tour d'horizon des régions de Berrouaghia et de Boucaïd, il ressort que ces deux secteurs présentent des particularités du point de vue de leur relief, de leur climat et de leur contexte géologique, qui ont directement conditionné le développement et l'exploitation de leurs ressources minérales, notamment la baryte. Ces éléments permettent de poser les premiers jalons de l'étude géologique qui sera menée dans le chapitre qui suit, dédié au cadre géologique régional et local des deux gisements.

Chapitre 02 :

Cadre géologique Régional et Local.

1. Introduction :

Nous avons étudié en détail le contexte géologique du gisement de Boucaïd qui constitue un préalable à la compréhension de son mode de formation et de son histoire évolutive. Ainsi, ce travail a porté sur la connaissance de la stratigraphie régionale et locale, des grands ensembles structuraux et des grands traits de l'évolution géodynamique de la région de l'Ouarsenis et du secteur de Boucaïd en particulier. De ce fait, pour bien comprendre les différents corps de roches et leur rôle dans la localisation et la minéralisation des gîtes en études, nous avons effectué une synthèse bibliographique sur la géologie de la région, du Paléozoïque au Quaternaire. Au cours de cette étude il nous a paru pertinent d'aborder la tectonique régionale avec sa déformation et les phases déformation du massif de l'Ouarsenis résultant de la formation des chaînes alpines liées à la fermeture de l'océan Téthys qui ont occasionnés des phénomènes de compression, de plissements et de failles qui ont conditionné la circulation des fluides minéralisateurs et la concentration des minéralisations métallifères.

2. Cadre géologique de la région de Berrouaghia :

2.1 Présentation de la géologie régionale :

La région de Berrouaghia, située dans la wilaya de Médéa, se rattache au grand massif de l'Atlas Tellien, formant une partie intégrante du chaînon alpin d'Afrique du Nord. Plus précisément, il appartient à la chaîne des Bibans, qui constitue un secteur particulier de l'Atlas tellien, d'autant plus remarquable qu'il a été le théâtre d'une intense d'épisodes tectoniques qui se sont succédé jusqu'à nos jours et qui ont abouti à une architecture structurale d'une extrême complexité. En effet, ce secteur est le témoignage minéral de la longue et lente convergence entre les plaques africaine et eurasienne, au cours de laquelle, il a été construit un assemblage structural des plus hétérogènes. Le long de la chaîne des Bibans et en particulier dans le secteur de Berrouaghia, il est à relever la domination de formations triasiques diapiriques et remobilisées, souvent minéralisées en barytine et en Célestine et qui Constituent sans conteste une des richesses majeures du massif. D'un point de vue tectonique, ce massif peut être résumé comme un alignement de brèches tectoniques, affectées de failles inverses et recoupées par des plis sublatitudinaux à NE-SW sous l'effet du raccourcissement latéral dominant qui s'est imposé de l'Ouest vers l'Est.

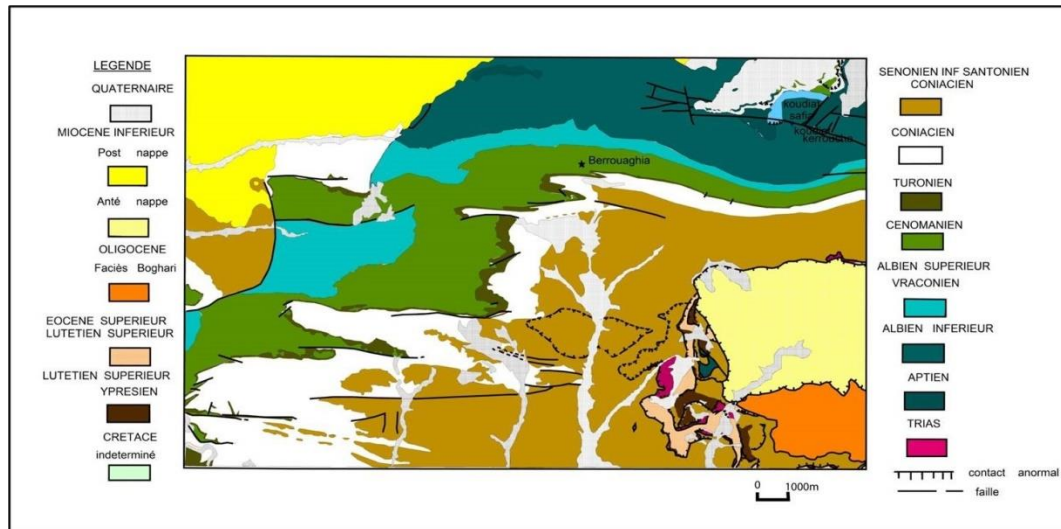


Figure 6 - Carte géologique au 1/50 000 de Berrouaghia (SN REPAL)

2.2 Structures géologiques caractéristiques :

I. Chevauchements et Nappes de Charriage

Ces structures représentent les déformations majeures et les plus spectaculaires de la région, témoignant d'une compression horizontale intense.

- **Description Générale :** La région est caractérisée par d'importants **chevauchements**, qui sont des failles inverses à faible pendage. Le long de ces plans, des unités rocheuses entières sont déplacées horizontalement les unes sur les autres sur des distances considérables. Ce phénomène est à l'origine de la formation de **nappes de charriage**, où des ensembles stratigraphiques sont "charriés" et superposés à des terrains plus jeunes.

-Exemples Notables à Berrouaghia :

- **Sénonien Allochtone :** Le Sénonien, une formation du Crétacé supérieur, est rencontré non seulement en position **autochtone** (en place), mais aussi en position **allochtone**. Ces masses allochtones forment la **semelle de nappes telliennes**, ce qui signifie qu'elles constituent la base d'unités rocheuses qui ont été transportées tectoniquement. La présence de ces nappes est également attestée par des **klippes** (lambeaux isolés d'une nappe de charriage) au Nord des Biban.

- **Oligocène "Faciès de Boughari" :** L'Oligocène est également une unité allochtone majeure (unité V), qui vient "couronner" d'autres unités telliennes inférieures. Cela illustre la superposition de différentes unités géologiques par charriage.
- **Miocène Inférieur I :** Cette formation est qualifiée de "tectonisée et anté-nappe", affleurant dans l'unité VII et couronnant d'autres unités telliennes. Bien qu'elle se soit déposée avant le mouvement orogénique majeur des nappes, elle a ensuite été intégrée et déformée par ces processus.

Ces chevauchements sont le résultat direct des mouvements compressifs intenses liés à la convergence des plaques, entraînant un raccourcissement crustal significatif et une superposition de vastes domaines géologiques.

II. Plis Complexes et Intenses

Les roches sédimentaires en place dans la région présentent des déformations essentiellement de type pli en tension ou pli en compression mais uniquement des déformations plastiques :

- **Anticlinaux et Synclinaux :** Dans la région observée de nombreux plis sont observés dans les terrains sédimentaires et nous pouvons observer des plis anticlinaux (plis bombés vers le haut) et des plis synclinaux (plis bombés vers le bas). Les diapirs triasiques ont très certainement joué sur la forme de ces plis en faisant des plis autour des boules de sel comme cela est observé ici.
- **Plis Serrés et Renversés (Isoclinaux et Déversés) :** Les descriptions telles que la série crétacée "renversée" à l'Oued Djir, ou les grès du Miocène inférieur I "tectonisés", suggèrent la présence de **plis particulièrement serrés**. Ces plis peuvent être **isoclinaux** (aux flancs parallèles) ou **déversés** (avec un plan axial incliné et des flancs inclinés dans la même direction), indiquant des déformations intenses où les couches peuvent même être inversées. Cette caractéristique est typique des zones soumises à de fortes contraintes compressives.
- **Pli-Failles :** Il est probable que certaines structures combinent les caractéristiques du plissement et de la fracturation. Ces **pli-failles** résultent de l'évolution de plis en failles sous l'effet de contraintes continues, indiquant des mécanismes de déformation complexes où la déformation ductile et la déformation cassante interagissent.

III. Failles et Réseau de Fractures

Le cadre structural de Berrouaghia est également caractérisé par un réseau dense de failles, qui jouent un rôle crucial dans le compartimentage de la région et la circulation des fluides.

- **Diapirisme et Réseau de Failles :** Les mouvements diapiriques des roches triasiques et les phénomènes de chevauchement sont intrinsèquement liés à la présence de réseaux de failles. Ces remontées de sel peuvent créer des failles radiales et annulaires autour des diapirs, ou réactiver des failles existantes.
- **Failles Décrochantes :** Le Vracono-Cénomaniens s'est mis en place à l'occasion de "mouvements décrochant d'accidents NE-SW et NW-SE post nappe". Il s'agit donc de failles décrochantes (ou de décrochement), c'est à dire que le mouvement se fait essentiellement de façon horizontale et parallèlement à la direction de la faille. Elles ont également joué un rôle important dans le découpage de la zone post-nappe.
- **Failles Normales et Inverses :** La région est traversée par de nombreuses failles, qu'elles soient **normales** (résultant d'une extension et où le bloc supérieur descend par rapport au bloc inférieur) ou **inverses** (résultant d'une compression et où le bloc supérieur monte par rapport au bloc inférieur). Ces failles reflètent les différents régimes de contraintes qui ont affecté la région au cours de son histoire géologique.
- **Failles Transversales et Post-Minéralisation :** sont spécifiquement mentionnées comme affectant les filons de baryte à Koudiat Safia. Cela indique une phase de déformation cassante plus tardive, qui a eu lieu après la mise en place de la minéralisation, créant des déplacements ou des discontinuités dans les corps minéralisés. Certaines de ces failles sont explicitement dites "post-minéralisation", soulignant leur rôle dans la structuration finale du gisement.

IV. Brèches et Témoins de Déformation Disruptive :

La présence de brèches est un indicateur important de processus tectoniques cassants et perturbateurs.

- **Brèches Triasiques :** La mention de "lames de brèches de Trias" dans des secteurs comme Koudiat Safia-Saksak est un témoignage direct de la nature disruptive et chaotique du diapirisme triasique. Ces brèches sont des roches composées de fragments anguleux de roches préexistantes (ici, principalement du Trias et des roches arrachées aux encaissants) cimentés ensemble. Elles se forment lors de mouvements tectoniques intenses, de remontées

diapiriques ou de glissements de terrain tectoniques, où les roches sont fragmentées et réassemblées.

3. Contexte géologique :

3.1 Histoire géologique de la région de Berrouaghia :

La région fait partie des zones externes de l'Atlas tellien, avec des formations allant du Trias au Quaternaire.

Le diapirisme triasique a joué un rôle central dans l'évolution structurale et dans la formation des gîtes minéraux.

La tectonique alpine a généré plusieurs phases de déformation : plis, chevauchements, nappes de charriage au Miocène, contrôlant les structures et minéralisations actuelles.

Les épisodes de compression et les remontées diapiriques sont à l'origine de la mise en place des corps minéralisés, souvent dans des zones de faiblesse structurale.

3.2 Présentation de la Stratigraphie du site :

La région de Berrouaghia est caractérisée par une série sédimentaire complexe, témoignant d'une histoire géologique longue et mouvementée, principalement depuis le Mésozoïque jusqu'au Quaternaire. La particularité majeure réside dans l'affleurement du Trias en position structurale anormale, souvent sous forme de diapirs ou de semelles de nappes, tandis que les formations allant de l'Aptien au Quaternaire constituent la série principale affleurante.

3.3 Le Mésozoïque :

Le Mésozoïque est l'ère la plus ancienne largement représentée dans la région, caractérisée par des formations qui ont subi d'importantes déformations.

I. Le Trias :

Le Trias de Berrouaghia, bien que jamais daté directement in situ, est attribué à cet âge par analogie avec des formations similaires de la région algérienne et représente la formation la plus ancienne affleurante de la zone. Il se manifeste principalement sous deux modes : en semelles de nappes, correspondant à des masses rocheuses triasiques charriées sur des formations plus récentes, et en extrusions diapiriques, phénomène où

des roches plastiques, notamment évaporitiques, remontent de façon intrusive à travers les couches sus-jacentes. Lithologiquement, le Trias se caractérise par un faciès bréchique révélateur d'une forte activité tectonique, et présente une diversité de roches comprenant des dolomies riches en magnésium, des argiles lie de vin à teinte violacée, des sulfates (gypse et anhydrite) témoignant d'environnements évaporitiques, des calcaires beiges à quartz verts et des marnes identifiés par (Aoudjehane ,1989), ainsi que des cargneules à texture vacuolaire et bréchique souvent associées au diapirisme. S'y ajoutent des roches magmatiques telles que diorites, andésites et roches vertes, évoquant une activité magmatique contemporaine ou postérieure à la sédimentation, ou bien des fragments provenant de niveaux profonds. Le Trias se distingue également par sa couleur fréquemment violacée et son aspect chaotique, signes de son histoire tectonique complexe et de sa dynamique de remobilisation.

II. Jurassique :

Le Jurassique est quasiment absent dans la région de Berrouaghia, tout comme le Crétacé basal, qui est généralement absent des affleurements de surface. Cependant, des indices indirects suggèrent leur présence, notamment à travers des dolomies potentiellement remaniées retrouvées dans le Trias. De plus, un forage situé à 30 km au nord-est de Berrouaghia (forage de Bousekène, ayant recoupé 3543 m de terrain selon Korchi, 1987) a permis la découverte d'un Barremo-Aptien, suggérant ainsi la présence de ces périodes géologiques.

III. Le Crétacé :

Le Crétacé est une période majeure dans la stratigraphie de la région de Berrouaghia, avec plusieurs étages bien représentés.

- **L'Aptien :**
- **Localisation et Topographie :** Forme la masse principale des Sebbah Gharbi et Chergui. Au NE de Berrouaghia, la formation aptienne présente une topographie plus douce et érodée, enserrée par les reliefs plus marqués des flyschs albiens. Une petite cuesta est visible au NW de Koudiat Safia.
- **Lithologie :** Composé de :

- **Marno-calcaires feuilletés gris à grès noir.**
- **Marnes gris clair.**
- **Calcaires gris en bancs décimétriques.**
- **Paléontologie :** Présence de petits bivalves et de débris d'ammonites ferrugineuses. Des **orbitolines** ont été observées dans un niveau de calcaires marneux de la vallée de l'Oued Megajet. Des calcaires à patine gris bleuté et des marnes grises, datés par des Orbitolines et *Globigirina algérina* (Sigal, 1963), sont également connus au cœur des Biban.
- **L'Albien :**
 - **Position Stratigraphique :** L'Albien constitue l'autochtone des Biban et est souvent associé à l'Aptien par des phénomènes de "copeaux" (petites écailles tectoniques). Korchi (1987) suggère une limite stratigraphique majeure entre le flysch albien et le Vracono-Cénomanién.
 - **Flysch albien :**
 - **Lithologie :** Une série très épaisse et monotone (environ 1600 m) de faciès flysch. Elle est caractérisée par une alternance rythmique d'argiles feuilletées gris noir à patine ocre et de quartzites et grès ferrugineux en bancs centimétriques à métriques.
 - **Paléontologie :** Généralement azoïque (sans fossiles), mais on peut y trouver des microfaunes rares comme des textularidés, des serpulidés, des ostracodes. Quelques bancs de calcaires détritiques à grosses huîtres sont observés vers le sommet de la série.
 - **Calcaires inclus :** Des calcaires clairs et massifs (25 à 30 m d'épaisseur) forment une corniche contrastant avec les terrains encaissants. Ces roches sont très dures, mal stratifiées, et renferment des échinodermes, des polypiers, des algues et des débris de grosses exogyres. Leur épaisseur diminue au nord de Berrouaghia, notamment à Oued Sidi Ahmed, où elles ne mesurent plus que 2 à 3 mètres.

○ **Le Vracono-Cénomaniien (Formation marno-calcaire) :**

- **Mise en place :** Cette formation s'est mise en place sous l'influence de mouvements décrochants le long d'accidents NE-SW et NW-SE, survenus après la mise en place des nappes.
- **Lithologie :** Il s'agit d'une épaisse couche d'intercalations marno-calcaires.
 - **Formations calcaires :** Glauconieuses (présence de minéraux verts), stratifiées en petits bancs, souvent pris en "sandwich" au contact nord des extrusions.
 - **Formations marneuses :** Plus épaisses que les calcaires et riches en fossiles. Leur épaisseur tend à augmenter vers le sommet de la formation.

○ **Le Turonien :**

La lithologie de cette formation forme une série de 30 à 40 m d'épaisseur, composée de bancs calcaires massifs de couleur noirâtre, renfermant à la base des lentilles de silex. On y trouve également des débris schisteux, argileux et des marnes, et localement, des phthanites peuvent être rencontrés. En ce qui concerne la paléontologie, la faune est principalement représentée par des globigérines, caractéristiques du Turonien en Algérie.

○ **Le Sénonien :**

➤ **Sénonien autochtone**

La lithologie de cette formation comprend des marnes gris-bleutées, des calcaires boudinés, des calcaires fins gris-clairs, des marnes gris-olivâtres ferrugineuses, ainsi que des marnes brunes contenant des prismes d'Inocérames et des huîtres. Cette formation est caractérisée par le fait qu'elle est tronquée par les nappes telliennes.

➤ **Sénonien allochtone :**

- La localisation de cette formation se trouve dans les Unités IV et VI, où des klippes sont présentes au nord des Biban. En ce qui concerne la lithologie :

- ❖ **Unité IV** : Marnes grises épaisses, calcaires blancs à Inocérames à la base,
- ❖ **Sénonien supérieur** : Marnes noires, sans niveaux indurés (affleurements dans les synclinaux ouest du Djebel Bou Maiz).

IV. Le Cénozoïque :

Le Cénozoïque est marqué par des épisodes de sédimentation marine et continentale, ainsi que des phases tectoniques importantes.

○ **L'Yprésien** :

- **Lithologie** : Caractérisé par des calcaires marneux et des calcaires blancs à silex très laminés (finement stratifiés).
- **Localisation** : Affleure à la base de l'unité IV.
- **Microfaune** : La microfaune est représentée par *Spiroplectamina Sectabilis* Grzybowski et *Globorotalia acuta* Toulmin, permettant sa datation.

○ **Le Lutétien** :

- **Lithologie** : Se présente sous forme de marnes brunes, noir-bleutées à rares bancs ou miches de calcaires marneux ocres. Dans la région de Berrouaghia, il est caractérisé par un ensemble massif de 60 à 80 m où prédominent les calcaires gris clair à silex.
- **Mode d'Occurrence** : Affleure sous forme de lambeaux sous l'unité V et fait partie de l'unité VI.
- **Épaisseur** : Son épaisseur est d'environ 200 m à Souagui mais se réduit considérablement à Berrouaghia.

○ **L'Éocène supérieur** :

- La lithologie de cette formation est composée de marnes brunes à huîtres, avec des intercalations de grès et de calcaires à lumachelles, ces derniers étant des roches principalement constituées de débris de coquilles. Cette formation présente une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. Un petit affleurement de cette formation est attribué à l'unité IV, à la limite de la feuille Berrouaghia-Souag.

V. Le Miocène :

Le Miocène tellien peut être subdivisé en deux grandes phases, en fonction des mouvements orogéniques qui ont affecté la région :

- Miocène inférieur I (tectonisé et anté-nappe) :

- I. Cette unité lithologique est constituée à la base de conglomérats contenant des galets provenant du Trias (gypse et dolomie), de l'Yprésien (silex et marno-calcaires) et de l'Oligocène. Il s'agit de dépôts continentaux de couleur rouge violacé, incluant un niveau marneux renfermant une microfaune caractéristique du Miocène inférieur. Ces terrains, d'origine allochtone, affleurent dans l'unité VII et surmontent les autres unités telliennes. Leur dépôt est antérieur au principal mouvement orogénique lié au charriage des nappes.

- Miocène inférieur II et Miocène supérieur (post-nappe) :

Le Miocène inférieur II et le Miocène supérieur (post-nappe) sont représentés par des formations lithologiques comprenant des marnes grises, des conglomérats rouges non consolidés à éléments anguleux, des argiles sableuses et des grès grossiers friables. Ces formations affleurent au nord de Berrouaghia, constituant la bordure sud du grand bassin de Médéa, qui se prolonge vers l'ouest par le bassin du Chélif et vers l'est par celui de Bouira. Les dépôts sont en discordance sur l'autochtone bibanique, ce qui témoigne de leur mise en place après les principales phases de charriage orogénique, indiquant ainsi qu'ils ont été déposés lors de la phase post-nappe.

VI. Le Quaternaire :

La lithologie de cette formation est très restreinte dans la région, étant principalement composée de remplissages d'alluvions (plus ou moins fines) dans les lits des Oueds (cours d'eau). La plaine des Arib, située au cœur des Biban, est constituée de cailloutis plus ou moins épais. Au nord du site de Berrouaghia, des dépôts de limons fins, de proportions décimétriques, remaniés et déposés sur des grès rougeâtres, sont observés au pied de quelques éboulis formés par la désagrégation des marnes et des grès du

Crétacé supérieur. Ces sédiments, très jeunes, témoignent de l'érosion et de la sédimentation actuelles.

Cette découpe nous permet de bien vous montrer la richesse des couches de sédiment et du (des) tectonique(s) de la série de Berrouaghia, ainsi que le résultat de cette évolution depuis le Crétacé supérieur en étape paléogéographie et tectonique de l'Atlas Tellien.

4. Cadre géologique de la région de Boucaïd :

4.1 Présentation de la géologie régionale de Boucaïd :

La localité de Boucaïd dans la commune Tissemsilt (ville du même nom), se trouve au sein du massif de l'Ouarsenis, l'une des constituent de l'Atlas tellien qui est lui-même un élément de la chaîne alpine née de la collision des plaques continentales africaine et eurasiatique. En effet, cette chaîne de montagne est marquée par des reliefs imposants et une structure géologique complexe. La série de sédiments qui affleure localement appartient principalement aux formations du Jurassique et de l'Oligocène. Elle a été fortement déformée au cours de la tectonique des plaques au Cénomaniens il y a une centaine de millions d'années. Cette déformation a produit de nombreux plis et failles en superficie qui sont caractéristiques des grandes chaînes alpines. La veine de baryte de Boucaïd est une minéralisation structurellement contrôlée et il semble que son gisement soit une conséquence de cette tectonique.

4.2 Structures géologiques caractéristiques :

- **Plis** : Présence d'anticlinaux et synclinaux affectant les séries jurassiques et oligocènes. Ils traduisent les fortes contraintes compressives.
- **Failles** :
 - **Normales** : Bien que moins fréquentes dans un contexte compressif, elles peuvent être présentes, souvent réactivées lors de phases d'extension ultérieures ou en lien avec des chevauchements sur des failles plus anciennes.
 - **Inverses et chevauchements** : Ce sont les structures dominantes, caractéristiques de la compression alpine. Elles sont responsables du raccourcissement crustal et de la superposition de formations géologiques par charriage. Les nappes de charriage, bien que plus régionales à l'échelle de l'Atlas tellien, peuvent avoir des prolongements ou des effets locaux dans l'Ouarsenis. Ces failles peuvent contrôler la circulation des fluides hydrothermaux et donc la localisation des minéralisations.

- **Décrochantes** : Des systèmes de failles décrochantes , souvent d'orientation NE-SW ou NW-SE, recouvrent les plis et les autres failles, indiquant des mouvements horizontaux significatifs. Ces failles sont également des voies privilégiées pour la circulation des fluides minéralisateurs, comme c'est le cas pour le gisement de baryte de Boucaïd qui est décrit comme étant de type filonien, ce qui implique une fracturation intense des roches encaissantes.
- **Fracturation et diaclases** : Au-delà des failles majeures, l'ensemble de la masse rocheuse est traversé par un réseau dense de fractures et de diaclases. Ces discontinuités sont essentielles pour la perméabilité des roches, permettant la circulation des eaux souterraines et des fluides minéralisateurs. Dans le cas du gisement de baryte, ces fractures sont les réceptacles des dépôts de baryte.

5. Contexte géologique de Boucaïd :

5.1 Histoire géologique de la région de Boucaïd :

L'histoire géologique de la région de Boucaïd s'inscrit dans le contexte plus général de l'histoire téthysienne et de l'histoire alpine au Maghreb.

5.2 Présentation Stratigraphi du site :

- **Sédimentation mésozoïque** (Jurassique notamment) :

Une période importante dans la succession stratigraphique de Boucaïd. En effet, durant cette période, la région a été envahie par la mer de la Téthys, ce qui a conduit au dépôt d'épais calcaires. Il s'agit essentiellement de massifs de calcaires, de dolomies ou de calcaires dolomitiques, souvent très fossilifères. Ces formations, notamment du Jurassique Moyen et Supérieur, constituent le "rocher-hôte" de la baryte. La karstification de ces roches calcaires a participé à la circulation des fluides minéralisateurs.

- **Sédimentation cénozoïque** (Oligocène) :

En dehors des dépôts du Jurassique, d'autres épisodes de sédimentation sont encore présents à l'Oligocène. Il s'agit du Flysch Numidien typique des avant-pays orogéniques. Ce flysch est composé de conglomérats, de grès, d'argilites et de marnes. Il illustre une période d'érosion importante et de dépôts de coulée boueuse de part et d'autre d'un bassin

en voie de fermeture. Cette formation ne constitue pas le "rocher-hôte" de la baryte à Boucaïd mais fait tout de même partie de l'histoire du massif.

- **Orogenèse alpine** (Miocène Quaternaire) :

L'événement majeur qui a façonné le paysage actuel de la région est l'orogénèse alpine, dont les principaux moments de déformation tectonique se sont déroulés au Miocène, avec des rejeux et des régularisations au Pliocène et au Quaternaire. Cette orogénèse s'est manifestée par plusieurs phénomènes : une compression intense responsable du plissement et du faillage des formations sédimentaires, un raccourcissement crustal créant des structures de chevauchement et des nappes, un métamorphisme de faible degré affectant localement certaines roches, ainsi que la mise en place des minéralisations. Les fluides hydrothermaux, souvent liés à l'activité magmatique profonde (bien que non visibles en surface à Boucaïd) ou à des circulations métamorphiques, ont migré le long des failles et fractures générées par la déformation. Ces fluides ont déposé la baryte dans les espaces disponibles, principalement dans les fissures et cavités karstiques des formations jurassiques, établissant ainsi une relation essentielle entre la fracturation alpine et la minéralisation.

5.3 Le Paléozoïque : Les fondations énigmatiques :

Les affleurements paléozoïques apparaissent uniquement dans le massif du Chélif, situé en bordure de la zone d'étude. En revanche, dans l'ensemble de l'Ouarsenis, ces formations sont intégrées au complexe triasique sous forme de fragments de très petite taille arrachés au socle anti-triasique. Selon (Mattaue,1958) , les affleurements paléozoïques peuvent être classés en trois catégories :

- I. **Primaire en place des massifs du Chélif** : Il s'agit des formations les plus stables et les moins remaniées, représentant potentiellement le substratum autochtone de la région.
- II. **Primaire emballé dans le complexe triasique** : Des blocs ou des écailles de roches paléozoïques sont incorporés et transportés au sein du complexe gypso-salin triasique, caractérisé par sa plasticité et sa capacité à remonter le long des failles.
- III. **Primaire en galets dans le Miocène inférieur** :

dépôts sédimentaires plus récents du Miocène inférieur témoigne de l'érosion et du remaniement d'anciennes chaînes paléozoïques, indiquant un exhaussement et une dénudation des terrains à cette période.

Le PermoCarbonifère est localement représenté par un socle cristallophyllien (roches métamorphiques schisteuses et cristallines) surmonté par un matériel métamorphique varié:

- **Schisto-calcaire** : Schistes interstratifiés avec des niveaux calcaires métamorphisés.
- **Schisto-quartzitique** : Schistes contenant des niveaux riches en quartz, parfois sous forme de quartzites.
- Schisto-gréseux : Schistes alternant avec des bancs de grès.
- Détritiques conglomératiques : Roches sédimentaires détritiques grossières, composées de galets et de blocs.

Ce sont ces roches paléozoïques qui représentent le fond le plus ancien de la région, même si elles ne sont pas directement à l'origine du gisement de baryte. Elles ont simplement servi de socle sur lequel se sont déposées et déformées les formations plus jeunes.

5.4 Le Mésozoïque : L'ère des dépôts sédimentaires clés

Le Mésozoïque est une période fondamentale pour la géologie de Boucaïd, car il correspond à la mise en place des roches encaissantes du gisement de baryte.

II. Le Trias : Un complexe gypso-salin énigmatique

Dans l'Ouarsenis, le Trias est souvent observé en position anormale, c'est-à-dire qu'il n'est pas dans sa succession stratigraphique originelle. Cela est dû à sa nature hautement mobile. Il se présente sous la forme d'un complexe gypso-salin et dolomitique, fréquemment associé à des roches magmatiques (selon une communication orale de Benhamou). Ce complexe est caractérisé par :

- Dépôts évaporitiques : Principalement du gypse et du sel gemme, qui confèrent à ces formations une grande plasticité et la capacité de remonter sous l'effet des contraintes tectoniques (diapirisme).
- Dépôts carbonatés : Des dolomies sont également présentes, souvent intercalées avec les évaporites.
- Absence de fossiles : Mattauer (1958) note l'absence de faune, ce qui rend la datation précise difficile et suggère des environnements de dépôt hostiles à la vie.

Ce complexe triasique agit souvent comme un "lubrifiant" tectonique, facilitant les mouvements de chevauchement et le décollement des couvertures sédimentaires sus-jacentes.

III. Le Jurassique : Les roches hôtes du gisement de baryte :

Des recherches récentes comme celles de (Benhamou,1996) ont été en mesure de mieux définir le Jurassique de l'Ouarsenis. Il est constitué essentiellement de formations carbonatées et détritiques de plateforme de milieu peu profond à milieu profond. Il est à noter que la pile stratigraphique du Jurassique est fréquemment inversée du fait de l'importance des déformations alpines.

Le Jurassique est bien visible dans plusieurs zones :

1. **Zone de Chélif (autochtone) :** Où les formations jurassiques sont relativement stables et proches de leur position originelle.
2. **Zone de Koudiat Larouah (autochtone) :** Similaire à la zone du Chélif en termes d'autochtonie.
3. **Massif culminant de l'Ouarsenis (para-autochtone) :** Où les formations jurassiques, bien que déformées, sont encore enracinées ou peu déplacées par rapport à leur substratum.

C'est au sein de ce Jurassique que se trouve le gisement de baryte de Boucaïd :

- **Jurassique inférieur (Lias) :**

Lias inférieur : Cette subdivision est d'une importance capitale pour la minéralisation. Il est principalement constitué de :

- *Dolomies et calcaires dolomitisés* : Roches carbonatées ayant subi une dolomitisation, ce qui les rend souvent plus poreuses et perméables.
- *Brèches sédimentaires de dolomies* : Roches composées de fragments anguleux de dolomies, indiquant des épisodes de fracturation ou de dissolution précoce.
- *Filons de barytine, zones de barytisation, minéralisation polymétallique sulfurée avec de la barytine* : C'est à ce niveau que l'on trouve les premières manifestations de la minéralisation. La baryte se dépose dans des filons (remplissage de fractures) et des zones où la roche a été imprégnée (barytisation). Des minéralisations polymétalliques (contenant plusieurs métaux) sulfurées (sulfures métalliques) sont associées, souvent dans les fissures d'origine tectonique.

Ces formations sont reconnues sur les massifs du Grand Pic et de Srâa Abdelkader, avec des épaisseurs variant de 110 à 250 m.

- **Lias Moyen et Supérieur :**

Ces dépôts sont étendus sur l'ensemble des massifs de l'Ouarsenis, avec une épaisseur variante entre 300 et 470 m. Ils sont composés de :

- *Calcaires massifs à grains fins, parfois oolithiques* : Indiquant des environnements marins peu profonds et agités.
- *Rares bancs de conglomérats et brèches calcaires et de marnes* : Témoins de variations de l'environnement de dépôt.
- *Calcaires souvent dolomitisés et d'aspect bréchoïde (partie inférieure)* : Ce faciès bréchoïde est important car il peut également abriter des minéralisations.
- *Présence de filons et corps de barytine avec de la calcite, des minerais polymétalliques sulfurés et oxydés* : La minéralisation se poursuit à ces niveaux, avec l'association de baryte et de calcite, ainsi que des minerais métalliques qui peuvent être sous forme de sulfures (ex: galène pour le plomb, sphalérite pour le zinc) ou oxydé.
- Apparition des silex au Lias supérieur : Ces nodules ou lits de silice sont des indicateurs de conditions marines spécifiques.

- **Jurassique moyen (Dogger) :** Le Dogger est caractérisé par deux barres massives, chacune d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur :

- *Barre supérieure* : Formée de grès quartzeux en gros bancs avec des intercalations de gravelles à petits éléments de quartz bien roulés, observables notamment au niveau du Grand Pic. Cela suggère une influence détritique significative.
- *Barre inférieure* : Composée principalement de calcaires lités, souvent gréseux, argileux, silicifiés (silex rubané) avec des passées de marnes. L'épaisseur de cette barre varie de 0 à 130 m.
- *Présence de filons de barytine à minéralisation de galène* : Le Dogger est également un niveau hôte pour la baryte, associée cette fois-ci à la galène (sulfure de plomb), soulignant la polymétallisation du gisement.

- **Jurassique supérieur (Malm) :** Le Malm présente des intercalations de calcaires, calcaires marneux et de marnes, reflétant une sédimentation plus hétérogène.

- *Callovien* : Caractérisé par des calcaires gris à rares filaments et à Ammonites, indiquant un environnement marin relativement profond.
- *Oxfordien* : Constitué par une alternance de calcaires rognoneux rouges à interlits argileux, à débris d'Entroques. Son faciès est de type Ammonitico-rosso, typique de dépôts pélagiques condensés.
- *Kimméridgien* : Formé de faciès calcaires et marno-calcaires.
- *Tithonique* : Constitué de calcaires en petits bancs et marno-calcaires très clairs. Son épaisseur varie de 40 à 300 mètres.

IV. *Le Crétacé : Évolution de la sédimentation*

Le Crétacé est marqué par une diversification des dépôts :

- ***Néocomien (Valanginien)*** : Présent sous forme de lambeaux nombreux et riches en macro-fossiles, ce qui est important pour la datation. Il est représenté par des formations calcaires lusitaniennes, des marnes schistoïdes, des calcaires blanchâtres ou jaunâtres, des grès quartzitiques et des argiles. Il affleure au niveau du Grand Pic (150m côté NW, 50-70m côté E) et à Srâa Abdelkader, mais est absent à Rokba et Belkheïrat, suggérant une sédimentation irrégulière ou une érosion sélective.
- ***Albo-Aptien*** : Formé essentiellement de schistes argileux à intercalations de grès, de quartzites, parfois de marnes et de conglomérats. Il affleure au 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. Cela indique des environnements sédimentaires plus profonds et plus détritiques, annonçant le début des phases de déformation alpine.

V. *Le Cénozoïque : L'orogénèse Alpine et ses dépôts post-tectonique*

Le Cénozoïque est la période de l'orogénèse alpine majeure, qui a fortement modelé la topographie et la structure de l'Ouarsenis.

- Les dépôts sont le plus souvent marneux, à l'exception de la période entre le Paléocène et l'Éocène inférieur qui est marquée par des faciès marno-calcaires et grès glauconieux. La glauconie est un minéral qui indique des conditions marines peu profondes et un taux de sédimentation faible.

- Le Miocène supérieur est représenté par des dépôts de marnes analogues à celles de l'Éocène. Des dépôts gréseux évoluent latéralement vers l'Ouest en formations rougeâtres conglomératiques (Mattaue, 1958), témoignant de phases d'érosion et de dépôts de piedmont liées à l'exhaussement de la chaîne.
- Les placages de cailloutis marquent le Pliocène, indiquant une poursuite de l'érosion et du transport de matériaux grossiers.

VI. *Le Quaternaire* : Les dépôts récents et la morphologie actuelle

Le Quaternaire se distingue par une forte érosion qui a disséqué le Tell méridional, avec des dépôts plio-quaternaires conservés uniquement dans les zones de faible énergie ou de sédimentation privilégiée. Ces dépôts forment de minces placages dans les hautes plaines et le bassin du Chélif, et les alluvions récentes des vallées, principalement limoneuses, représentent les dépôts fluviaux actuels. Les moyennes et hautes terrasses sont généralement caillouteuses, correspondant à d'anciens lits de rivières ou à des cônes d'épandage fluvio-glaciaires remaniés. Selon (L. Calémbert, 1952), complété par des études postérieures, la stratigraphie du Massif de l'Ouarsenis est dominée par des dépôts sédimentaires, et il est souligné que ce dossier n'a pu être traité indépendamment des divers accidents tectoniques du massif. De plus, la plupart des formations jurassiques constituent la roche encaissante du gisement de baryte.

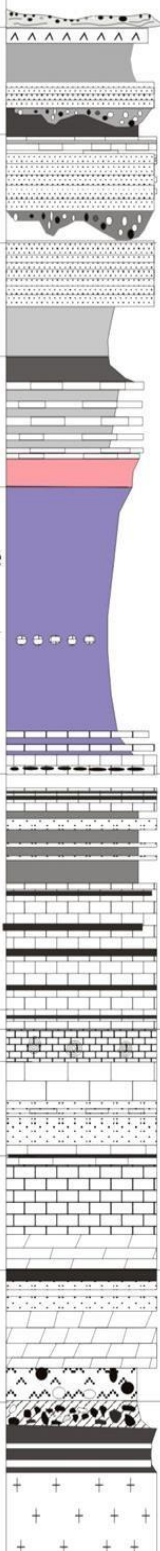
Stratigraphie			Dépôts et faciès	Auteurs
Quaternaire			Alluvions et cailloutis	Mattaue (1958), Polvêche (1960)
Cénozoïque	Pliocène		Cailloutis et replats tufacés	
	Miocène	Sup	Gypse, grès-marnes, conglomérat (continental)	Belkébir et Bessedik (1992), Guardia (1975), Delteil (1974), Dalloni (1952)
		Inf.	Marnes, marno-calcaires, grès-calcaires, conglomérats	Bessedik et al. (2002), Polvêche (1960), Mattauer(1958), Cheylan et al. (1955)
	Oligocène		Boghari (Oranaise), Numidien	Polvêche (1960), Mattauer (1958)
	Éocène		Marnes, marno-calcaires grès glauconieux, faciès phosphatés	Polvêche (1960) Mattaue(1958),
	Paléocène		Marnes	Flandrin (1948) Dalloni (1936)
Mésozoïque	Crétacé	Sup	Marnes à boules calcaires, microbrèches, argiles (flysch), marno-calcaires, marnes, calcaires à niveaux siliceux	Mattaue (1958), Polvêche (1960)
		Inf.	Marno-calcaires Flysch schistes à lit calcaires-grès, marno-calcaires, marno-calcaires ammonitico-rosso	Tchoumatchenco et al. (1995) Benyoucef (2006) Chérif (2009), Tchoumatchenco et Krishev (1992a), Polvêche (1960), Mattauer (1958), Calambert (1952), Dalloni (1936).
	Jurassique	Malm	Ammonitico-rosso, calcaires-marno-calcaires,	Atrops et al. (1991a et b), Benhamou (1996), Tchoumatchenco (1984-1986a- 1987) Kirêche (1977-1993), Farès- Khoudja (1968);
		Dogger	grès-grès calcaires, marno-calcaires	Calambert (1937-1952),
		Lias	carbonates ,dolomies	Caire, Glangeaud, Mattauer (1950 , 1952), Geoffroy (1936), Gentil (1902-1904), Pomel (1875)
	Trias		Gypse, grès, argiles versicolores, dolomies cargneules, et bréchiques, blocs primaires	Trümpy (1983), Mattauer (1958) Dalloni (1952), Fallot (1942 a, b) Gentil (1902), Nicaise (1870)
Paléozoïque			Conglomérats (<i>Verrucano</i>) Série volcano-sédimentaire Série schisto-gréseuse Socle cristallophyllien	Mattaue (1958), Caire, Glangeaud, Mattauer (1950, 1952), Glangeaud et Bétier (1935, 1937), Géoffrey (1933), Glangeaud (1932), Gentil (1904), Pomel (1856-1859)

Figure 7 - tableau montrant la série synthétique du bassin de l'Ouarsenis (sans échelle) (ZEGHARI, 2013)

La figure ci-dessus (Figure7) présente la coupe géologique générale du massif de l'Ouarsenis où se trouve localisé le gisement de Boucaïd. Cette formation sédimentaire s'étale du Paléozoïque au Quaternaire et illustre les différentes perturbations des dépôts au cours de l'histoire géologique de la région.

À la base de la coupe, nous avons des formations paléozoïques constituées de conglomérats (Verrucano), de séries volcano-sédimentaires et de formations schisto-gréseuses reposant sur un socle cristallin. Ces unités très anciennes forment le socle de l'Ouarsenis et affleurent peu.

Le Trias correspondant à la présence de dépôts évaporitiques (gypses, cargneules, dolomies) et des brèches, représente un atelier de déformation très important, car il permet au matériel supérieur d'être déposé en nappe par décollement, et de se déplacer ensuite sur le socle. Par-dessus, nous avons le Jurassique qui a été fondamental pour le gisement de baryte de Boucaïd, puisque les dolomies, calcaires dolomités et brèches carbonatées du Lias ainsi que les calcaires massifs du Dogger forment les roches-mères des filons de baryte (parfois du plomb sous forme de galène ou de zinc sous forme de sphalérite) déposés dans des veinules et des fissures des roches encaissantes. Le Malm est représenté par des faciès ammonitico-rosso qui indiquent un dépôt en eaux plus profondes. Le Crétacé est formé par des flyschs, marno-calcaires et des formations siliceuses qui représentent des dépôts de bassin profond. Nous finissons par les formations cénozoïques (Oligocène, Miocène) formées des séries marneuses et conglomératiques de type avant-pays des chaînes de montagnes Nord-Africaines.

Pour finir, les accumulations du Quaternaire et du Pliocène correspondent à des dépôts de surface d'origine fluviale et conglomératique récents. Cette succession stratigraphique reflète le rôle des phénomènes tectoniques (plis, fractures) dans le contrôle des gîtes de barytine à Boucaïd, ainsi que l'évolution des sédiments dans la région en relation avec la déformation de l'arc alpin au Tell.

6. Conclusion de Chapitre :

Le contexte géologique de la région de Boucaïd révèle une histoire mouvementée, caractérisée par la superposition de diverses séries sédimentaires et par des déformations tectoniques ayant affecté la répartition des lithologies et des structures. La série stratigraphique, couvrant le Paléozoïque jusqu'au Quaternaire, témoigne d'une évolution paléogéographique

importante, illustrée notamment par le développement d'une plateforme carbonatée au Jurassique, remplacée par des formations détritiques et des flyschs au Crétacé, et transversée par l'orogénèse alpine au Cénozoïque. Cette dernière est responsable de nombreuses déformations (plis, failles, chevauchements) ayant permis la circulation de fluides chauds à l'origine du dépôt de la minéralisation en barytine. Ainsi, le cadre géologique constitue une base nécessaire pour comprendre la genèse, le contrôle et la forme du gisement de Boucaïd.

Chapitre 03 :

**Gitologie et Minéralogie des deux
Gisements.**

1. Introduction

L'investigation des gîtes à barytine de Berrouaghia et de Boucaïd constitue une étape importante pour la connaissance des phénomènes générateurs et enrichisseurs de ces dépôts de substances minérales stratégiques. En effet, ces deux gîtes, bien que situés dans des contextes géologiques différents, présentent des similitudes du point de vue des minéraux formés, des altérations hydrothermales et des déformations tectoniques. En effet, l'étude des amas minéralisés, de leur roche encaissante, de la gangue minérale ainsi que des altérations permet de mieux comprendre les processus de formation de la barytine et des minéraux qui lui sont associés.

Pour ce faire, les observations s'appuient sur des éléments recueillis sur le terrain en fonction de leur forme visible à l'œil nu, mais aussi sur des roches étudiées au microscope en éclairage naturel et en lumière polarisée. L'étude de ces échantillons donne notamment des renseignements sur la texture, la morphologie, la composition minéralogique mais aussi sur les altérations de la roche ou des minéraux formés. Ces données aident à mieux comprendre les phénomènes minéralisateurs ainsi que les paramètres physiques et chimiques nécessaires à la constitution de ces gisements à barytine.

2. Gisement barytique de de Berrouaghia :



Figure 8 - Vue générale du site de Berrouaghia

3. Situation du corps minéralisé de Berrouaghia

Le gisement de baryte de Koudiat Safia est localisé dans la région de Berrouaghia, à 9 km à l'est-sud-est de la ville. Sur le plan géologique, il s'inscrit dans des formations triasiques très plissées et chevauchées par un fort resserrement des couches morphologies plissées et axées dans le sens des plis NNE-SSW.

Trois grandes ressources en minerais sont présentes dans la zone d'étude : le gisement Est, le gisement Sud, et le gisement Ouest :



Figure 9- : lieu d'extraction du tout-venant de baryte (zone d'extraction Google earth)

- **Le corps Est** constitué le gisement principal. Il mesure en moyenne 250 mètres de long et 10 à 20 mètres d'épaisseur et se situe généralement entre 40 et 70 degrés de latitude sud. Les sondages ont démontré que la richesse est verticalement continue sur 150 mètres de profondeur et reste à déterminer. Il mesure environ 250 mètre de long, sur 10 à 20 mètres d'épaisseur. La température baisse généralement de 40 à 80 degrés vers le sud avec une légère pincée. Les sondages ont démontré que la richesse est verticalement continue sur 150 mètres de profondeur et reste à déterminer.
- **Le corps Sud** est plus petit, long de quelques dizaines de mètres et 3 mètres d'épaisseur seulement. Ce corps présente un pendage plus subvertical et se caractérise par une

minéralisation dominée par la barytine célestinée, qui témoigne d'une variation dans la composition minérale locale.

- **Le corps Ouest**, localisé à environ 2,5 kilomètres à l'ouest du corps principal, est discontinu et fragmenté. Son épaisseur varie de 2 à 6 mètres. La forte déformation tectonique dans ce secteur a engendré une segmentation importante, divisant ce corps en plusieurs compartiments isolés.

Ces trois corps minéralisés s'insèrent dans une structure régionale complexe, dominée par la présence d'un diapir salifère et la série triasique carbonatée qui constitue la formation encaissante principale.

4. Mode d'exploitation (Gisement de Berrouaghia):

Le gisement de Berrouaghia a été exploité principalement à ciel ouvert, notamment au niveau des affleurements barytiques facilement accessibles. Toutefois, certaines structures plus profondes, associées aux veines filoniennes massives, suggèrent la possibilité de travaux souterrains complémentaires à l'avenir.

Pour les travaux à ciel ouvert, l'exploitation s'effectue sur des affleurements des filons et d'autres indices (apophyse) (F. Baladah, 2012).

5. Présentation des gîtes (Gisement de Berrouaghia):

Les gîtes barytiques de Koudiat Safia se localisent essentiellement dans des zones caractérisées par une fracturation et une bréchification marquées, ce qui a favorisé la circulation et la précipitation des fluides minéralisateurs.

Le contexte structural est dominé par la présence d'un diapir salifère, qui a exercé une influence majeure sur la déformation régionale. Ce diapir est associé à un réseau de failles et de plis qui créent des zones propices à la minéralisation barytique.

Les corps minéralisés se concentrent dans des zones de brèches carbonatées et de fractures ouvertes, dans lesquelles la barytine s'est déposée de manière massive ou cristalline. L'épaisseur et la continuité des gîtes varient selon la localisation et la nature des roches encaissantes.

La nature des gîtes est principalement :

- **Fracture** : la barytine occupe des fissures étroites ou élargies, souvent liées aux failles et microfailles. Ces minéralisations sont généralement étroites mais peuvent être très riches.
- **Brèche** : les zones bréchiques montrent une forte hétérogénéité, avec des fragments de roche encaissante cimentés par la barytine. Ces zones sont souvent plus épaisses et présentent une meilleure continuité minérale.

Les observations sur le terrain et les données de sondage indiquent que les gîtes sont contrôlés par la géométrie structurale locale, la nature lithologique des formations encaissantes (calcaires, marnes, gypses) et par la dynamique des fluides hydrothermaux qui ont précipité la barytine.

6. Description et caractéristiques géologique et minéralogique (Gisement de Berrouaghia):

- **Caractéristiques géologiques**

Le gisement est encaissé dans les formations triasiques qui comprennent une série alternante de marnes rouges, calcaires, gypses et brèches carbonatées. Ces formations ont subi une tectonique compressive responsable d'une déformation importante, traduite par la mise en place de plis serrés, de chevauchements et d'une fracturation intense.

La tectonique a joué un rôle déterminant dans la localisation de la minéralisation barytique. En effet, les plis et failles créent des espaces ouverts (fractures, cavités) dans lesquels les fluides hydrothermaux ont pu circuler et précipiter la barytine.

Le diapir salifère, visible en affleurement dans la région, a également une influence majeure sur la structure régionale, provoquant une segmentation du dispositif tectonique et favorisant la formation de corridors fluides propices à la minéralisation.

Les trois corps minéralisés décrits sont ainsi étroitement liés à cette dynamique géotectonique complexe.

- **Caractéristiques minéralogiques**

La barytine cristallise dans le système orthorhombique. Elle forme généralement des concrétions globulaires, fibreuses ou lamellaires, blanche plus ou moins translucide. Des cristaux bien individualisés. Ces minéralisations parfois colorées selon la nature des impuretés (oxydes de fer, sulfures, matières organiques...) contiennent souvent des traces de Sr, Ca, Mg et Pb (T. Batouche, & I. Abbassi, 2015).

La minéralisation est dominée par la barytine (BaSO_4), qui se présente sous plusieurs formes texturales :

- **Barytine massive** : présentant des masses compactes, souvent de teinte blanchâtre à crème, correspondant à des remplissages de fractures ou de cavités.



Figure 10 - Échantillon de barytine massive



Figure 11 - les calcaires du Vraconien au Nord du gisement de Berouagia (Kandi, 2013)

- **Barytine cristalline** : comprenant des cristaux tabulaires ou prismatiques, souvent bien formés, indiquant une précipitation en milieu fluide à température modérée.



Figure 12 - Barytine berouagia Cristalline

Dans le corps Sud, on note une occurrence significative de **barytine célestinée** (SrSO_4), une variété dans laquelle le baryum est partiellement substitué par le strontium. Cette variation minéralogique reflète des conditions physico-chimiques spécifiques du fluide minéralisateur dans cette zone.

La barytine est généralement associée à une gangue carbonatée ou argileuse, témoin des interactions entre les fluides hydrothermaux et les roches encaissantes.

Aucun minéral métallique majeur n'a été détecté, ce qui souligne le caractère pur de la minéralisation barytique dans ce gisement.

- **La minéralisation**

À Berrouaghia, la minéralisation barytique traduit avant tout la forme de Veines barytiques simples, hydrothermales de type simple, enclavées dans les roches carbonatées du Crétacé inférieur. Les veines s'accompagnent d'une relative pureté et d'une absence d'associations métalliques visibles, en particulier de sulfures de plomb ou de zinc tels que la galène ou la sphalérite. Le gisement est donc accompagné d'une minéralisation peu complexe, sans zonalité ou paragenèse métallifère développée, ce qui reflète un système hydrothermal appauvri en éléments métalliques.

Les conditions de formation impliquent la circulation de fluides hydrothermaux à basse température ($\sim 100^\circ \text{C}$ ou moins), faiblement concentrés en baryum (Ba^{2+}). Ces fluides ont suivi les fractures structurelles et les failles dans les formations carbonatées, favorisant localement la précipitation de la barytine. L'absence d'autres minéraux métalliques primaires suggère que ces fluides étaient pauvres en métaux comme Pb et Zn, probablement en raison de la nature de leur source ou de conditions de transport non favorables à leur mobilisation.

7. Gisements barytiques de Boucaïd :

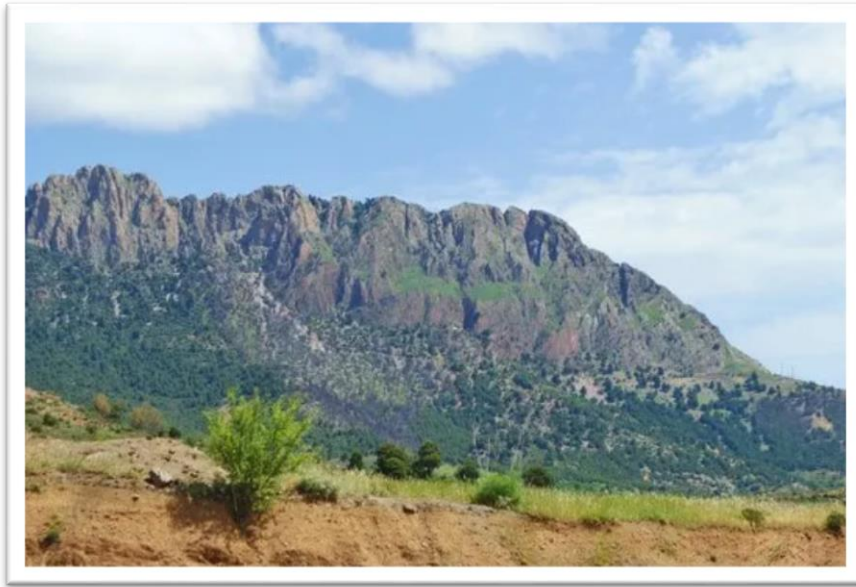


Figure 13 - vue de Boucaïd (sraa abdelkader)

-Situation du corps minéralisé de Boucaïd :

Les gisements barytiques dans la mine de Boucaïd sont situés dans le massif de l'Ouarsenis, une région montagneuse caractérisée par des affleurements très visibles de roches sédimentaires d'âge jurassique. Ces massifs qui ont une superficie moyenne variant de 25 à 30 km² sont comme des entités géologiques séparées dans un environnement majoritairement crétacé. Ils forment des reliefs marqués et bien identifiés, notamment les massifs du Grand Pic, d'Abdelkader, de Belkheiret, de Rokba et de Batha.

Au sein de cette configuration, les principaux gisements barytiques exploités à Boucaïd sont localisés dans ces massifs jurassiques. Ces sites miniers portent des dénominations précises : Lakhdar, Ammal, Grand Pic, Nord-Ouest, et Sidi Bel Abbas. La zone d'exploitation s'articule essentiellement autour de ces entités géologiques, qui constituent le cadre principal des minéralisations barytiques observées.

L'accessibilité des gîtes est assurée par un réseau routier rural, comprenant des routes communales suivies de pistes, permettant la desserte des sites d'extraction et des infrastructures minières.

8. Mode d'exploitation (Gisement de Boucaïd) :

L'exploitation du minerai est à ciel ouvert et souterrain. Pour les travaux souterrains, l'accès au filon est réalisé par galerie au jour en direction ou en perpendiculaire à la roche, et ceci suivant la description du filon et les conditions topographiques.

Le **plan de circulation du gisement de Lakhdar – niveau 1550 m** (voir figure 14) illustre clairement la disposition des galeries, les sens de circulation des véhicules et du personnel, ainsi que la localisation des infrastructures essentielles telles que les issues de secours, les points de sécurité (extincteurs, infirmerie), et les zones de manœuvre. Cette organisation garantit une exploitation sûre et efficace du gisement, tout en assurant la sécurité des ouvriers.



Figure 14 - Plan de circulation du gisement de Lakhdar au niveau 1550 m.

9. Présentation des gîtes (Gisement de Boucaïd)

- **Gisement Lakhdar**

Le gisement Lakhdar bénéficie d'un titre minier d'exploitation officiel délivré par le Ministère de l'Énergie et des Mines (N° 59 PM de 2017, valide pour dix ans). Il est situé à environ 5 kilomètres au sud-est du village de Boucaïd, implanté sur le flanc sud de l'extrémité occidentale du massif Abdelkader. L'accès au site se fait par une route communale de 2 km prolongée par une piste de 3 km.



Figure 15 - Portail d'accès et infrastructures principales du gisement de Lakhdar.

- **Corps Lakhdar Supérieur**

Ce corps minéral se caractérise par une morphologie très irrégulière et variable en surface. Sa base au niveau d'altitude 1475 m couvre environ 350 m², tandis qu'au niveau 1485 m, son extension atteint 654 m². Initialement de forme conique, il présente un axe décentré, témoignage probable d'un contrôle tectonique local.

Le minerai est dense, avec une densité moyenne mesurée autour de 4,2, et est contenu dans une gangue argileuse dont l'épaisseur et la composition varient spatialement. L'encaissement est constitué par des calcaires du Lias moyen à supérieur, formant le cadre géologique de la minéralisation.

La teneur moyenne en barytine (BaSO_4) est estimée à 76,08 %, indiquant une qualité élevée du minerai exploitable.

- **Corps Lakhdar Inférieur**

Prolongeant vers le bas la minéralisation, le corps inférieur s'étend du niveau 1452 m jusqu'à 1330 m d'altitude. Sa forme est également irrégulière, avec une densité moyenne légèrement supérieure, d'environ 4,32. Il est également contenu dans une gangue argileuse, encadrée par des calcaires similaires à ceux du corps supérieur.

La teneur moyenne en barytine y est plus élevée, atteignant 78,86 %. Les réserves estimées sur ce niveau sont d'environ 148 000 tonnes en catégorie C1, soit des ressources relativement fiables, développées par un réseau de galeries et sondages.

I. Niveau 1497 m (prolongement du filon Sidi Ouadah) :

Ce niveau correspond au prolongement du filon Sidi Ouadah observé au niveau 1518 m. Le filon a une puissance moyenne d'environ 1,30 m et affiche une teneur très élevée de 85,79 % en barytine. Son pendage modéré, compris entre 25° et 35° vers le sud, et son encaissant calcaire du Lias moyen-supérieur, confèrent à ce filon un cadre géologique propice à une exploitation ciblée.

- **Gisement Nord**

Il est situé dans la partie Nord-Est du massif Srâa Abdel Kader, la structure de gisement représente sous forme de filon subvertical. le gisement est exploité à partir de trois galeries qui en la même direction La méthode la plus adéquat qui utilisé dans ce type est la méthode de

chambre magasin La couche minéralisée qu'on a observée est limitée par des schistes (toit) et des calcaires (mur) (Zeghari,2013).



Figure 16 - Vue du portail principal d'accès du Gisement nord

I. Filon Nord

Il s'agit d'un filon structuré par une fracture de direction sub-latitudinale 112-192°, avec un fort pendage de l'ordre de 70-75° vers le N-NE. La massive barytine affleure sur une superficie d'environ 300 m de long et baigne dans les dolomies du Lias Inférieur à la base des schistes argileux de l'Albo-Aptien.

Le filon varie de 0,4 à 0,6 m d'épaisseur par endroits, mais il peut atteindre par endroit de 9 à 10 m avec une épaisseur moyenne située entre 1,5 et 1,6 m pour une teneur en barytine d'environ 70 %.

La mine est tenue sur 3 niveaux : 1200 m, 1150 m et 1115 m. Les niveaux 1200 m et 1150 m étaient extraits avant 2012 mais des mouvements de terrains et des fissurations ont bridé la production freinant jusqu'au deuxième semestre 2010 où les travaux ont été relancés.

VII. Paramètres techniques du gisement Nord :

Le gisement Nord se caractérise par une structure géologique de type filonienne. La puissance du gisement varie de 0,9 à 3,5 mètres, avec des schistes en encaissant au toit et des calcaires au mur. L'exploitation est réalisée selon la méthode dite de "chambre magasin", adaptée à ce type de filon. Le pendage du gisement atteint 75°, ce qui influence les techniques

d'extraction et de soutènement utilisées. La densité moyenne du minerai extrait est de l'ordre de 3,65, tandis que le coefficient de foisonnement se situe entre 1,5 et 1,7, paramètres essentiels pour le calcul des volumes exploitables et la planification des opérations minières.

10. Caractéristiques géologiques (Gisement de Boucaïd)

Les gisements barytiques de Boucaïd sont encaissés dans des formations jurassiques dominées par des calcaires et dolomies du Lias moyen à supérieur. La minéralisation est intimement liée à une fracturation tectonique importante, contrôlant la morphologie et la distribution des corps minéralisés.

Les corps de minerai se présentent sous forme d'amas irréguliers ou de filons subverticaux à fort pendage, avec des variations notables d'épaisseur et de teneur. Le minerai est caractérisé par une densité élevée, variant généralement entre 4,2 et 4,32 selon les niveaux et les corps minéralisés.

La gangue est principalement argileuse, avec une variabilité locale liée aux altérations hydrothermales. L'encaissement géologique est marqué par des calcaires jurassiques altérés, présentant parfois des intercalations dolomitiques. Ces formations subissent des phénomènes d'altération hydrothermale, avec silicification et argilisation localisées autour des zones minéralisées.

11. Caractéristiques minéralogiques (Gisement de Boucaïd)

La minéralisation barytique est essentiellement constituée par de la barytine (BaSO_4) à forte concentration, avec des teneurs généralement supérieures à 75 %. Elle est souvent associée à des phases accessoires, qui témoignent des conditions physico-chimiques du dépôt :

- Quartz finement cristallisé, témoignant d'un phénomène de silicification
- Calcite et dolomite altérées, indicatrices de réactions diagenétiques et hydrothermales



Figure 17 - Échantillon de baryte associé à de la calcite et de la dolomite altérées.

- Traces de sulfures métalliques : sphalérite (ZnS), galène (PbS), chalcopyrrite (CuFeS_2), qui peuvent être présents en faible quantité et dispersés



Figure 18 - Présence de traces de sulfures métalliques : galène (PbS).

- Oxydes de fer tels que goethite et hématite, formés par altération des sulfures



Figure 19 - Phénomène d'oxydation des minéraux de fer observé sur l'échantillon.

Ces caractéristiques minéralogiques et géologiques permettent de mieux comprendre le mode de formation, le contrôle structural et la qualité des minéralisations barytiques de Boucaïd, essentiels pour une exploitation optimale et un développement durable des ressources.

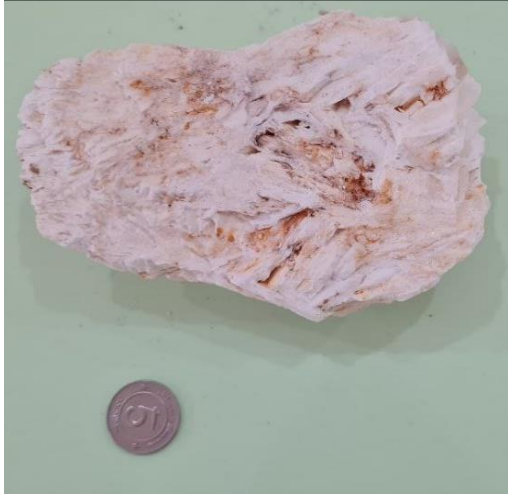
12.Description Macroscopique :

Pour cette étude, nous avons sélectionné 8 échantillons de roches sédimentaires sur des affleurements visibles à l'œil nu. Les échantillons nommés A1, A2, A3 et A4 ont été collectés dans la région de Boucaïd alors que les B1, B2, B3 et B4 proviennent de la région de Berrouaghia. Ces deux zones géo sont éloignées et ont des caractéristiques géologiques différentes ce qui nous permet de comparer les différents faciès sédimentaires. La description macroscopique de ces échantillons a été réalisée à partir de plusieurs critères tels que la patine, la texture, la structure, la cassure, l'éclat de la roche, sa dureté selon l'échelle de Mohs, son altération ainsi que sa réaction à l'acide chlorhydrique dilué (HCl). Le tableau suivant regroupe l'ensemble de nos observations macroscopiques pour chacun de ces échantillons et met en avant les différences et/ou similitudes entre les roches des deux sites étudiés :

	L'échantillon A1 est sédimentaire. Il est composé de barytine de couleur blanche à
--	--

	<p>gris clair avec quelques petites zones brunies ainsi que de calcaire beige clair. Il est assez hétérogène avec des cristaux de barytine visibles par endroit. Sur sa cassure se trouve du calcaire beige clair sous forme de cristaux de calcite (CaCO_3) accompagné de barytine gris clair de forme vitreuse. De plus on peut voir un éclat nacré à vitreux pour la barytine, décomposé en cristaux pour le calcaire. Le minéral de la barytine et son minéral creux est de 3 à 3,5 sur l'échelle de Mohs et le calcaire de 3. Le calcaire réagit rapidement à l'acide chlorhydrique dilué (HCl) en formant des bulles (effervescence) car il est en partie formé de carbonate de calcium alors que la barytine reste neutre.</p>
	<p>L'échantillon A2 est une roche sédimentaire. Sa patine est formée de barytine blanche à gris très clair, de galène gris métallique brillant et de calcite (CaCO_3) blanche à beige pâle, cristalline. La texture est hétérogène et gris moyen, dominée par la barytine. On observe des try crystals visibles de barytine et des traces de galène à l'éclat métallique gris. La calcite (CaCO_3) est de plus cristalline et bien formée. La granulométrie de la barytine est plutôt fine à moyenne avec de petits try crystals de galène bien formée. La cassure de la barytine est irrégulière à subconchoïde et brillante, celle de la galène lisse, métallique, et subconchoïde grossièrement, et celle de l (CaCO_3) sub angulaire à nette et rhomboédrique. L'éclat de la barytine est vitreux et brillant, celui de la galène métallique à brillant et celui de la calcite (CaCO_3) vitreuse à nacré. La dureté de la barytine est de 3 à 3,5, celle de la galène de 2,5 à 3 et celle de la calcite de 3. Seule la calcite réagit vite à l'acide chlorhydrique dilué en effervescence, barytine et galène ne réagissant pas. La densité de l'échantillon est estimée assez élevé à cause de la présence de barytine et de galène.</p>

	<p>L'échantillon A3 est une roche sédimentaire. À la surface on observe de la barytine (sulfate de baryum) de couleur blanche à gris clair, de la galène (sulfure de plomb) de couleur gris métallique avec des fibres visibles dans une partie de l'échantillon, ainsi que des parties brunes ou rougeâtres correspondant à de l'oxydation de fer. La texture de cet échantillon est assez hétérogène avec des parties où la barytine est cristalline et des fibres de galène bien visibles. La cassure met en évidence des parties de barytine cristalline cassante ainsi que des fibres de galène. L'éclat est vitreux à nacré pour la barytine lorsque celle-ci est cristalline, fibreux pour la galène, et terne à nul dans les zones d'oxydation de fer. La dureté est de 3 à 3,5 pour la barytine, de 2,5 à 3 pour la galène, et 9 généralement inférieure pour l'oxydation de fer. À l'acide chlorhydrique dilué l'oxyde de fer réagit de façon variable tandis que la barytine et la galène ne réagissent pas du tout.</p>
	<p>L'échantillon A4 est une roche sédimentaire. Sa patine est constituée de barytine blanche à gris clair, de galène (PbZn) gris métallique, et d'oxydation de fer sous forme de zones brunâtres à rougeâtres. La texture est hétérogène, formée de zones cristallines de barytine et de petits blocs de galène (PbZn) à texture métallique. L'oxydation de fer se manifeste par des zones rugueuses et altérées. La cassure montre une barytine friable et fragile, ainsi qu'une masse importante et visible de galène (PbZn). L'éclat est absent pour la barytine, métallique brillant pour la galène (PbZn) et nul pour l'oxydation de fer. La dureté de la barytine est de 3 à 3,5, celle de la galène (PbZn) de 2,5 à 3, et celle de l'oxydation de fer est variable. Aucune des composantes ne montre de réaction à l'acide chlorhydrique dilué.</p>

	<p>L'échantillon B1 est une roche sédimentaire. La patine est composée de barytine blanche à gris clair et de calcaire beige clair et d'oxydation de fer brunâtre à rougeâtre, et de calcite (CaCO_3) blanche à beige. La texture est très irrégulière, caractérisée notamment par des cristaux de barytine visibles et des remplissages de calcite (CaCO_3) bien formée. La roche se caractérise aussi par la présence de vides de gaz visibles. La fracture met en lumière des endroits brillants dans la barytine cristalline, des calcaires altérés ainsi que des surfaces plus rugueuses et moins cristallines qui sont dues à l'oxydation de fer. L'éclat est nacré pour la barytine ; la calcite (CaCO_3) comble les endroits du calcaire ; l'oxydation de fer ne présente pas d'éclat notable, avec une surface terne et rugueuse. La dureté est de 3 à 3,5 pour la barytine, 3 pour le calcaire, et variable pour l'oxydation de fer. Lorsque l'acide chlorhydrique dilué, calcaire et calcite (CaCO_3) réagissent par une effervescence très rapide, alors que barytine et l'oxydation de fer ne donnent aucune réaction.</p>
	<p>La roche B2 est une roche sédimentaire. Sa patine est blanche à gris clair constituée de barytine, de taches de galène (PbS) gris métallique, et de surfaces d'oxydation de fer de couleur rouille plus rugueuses et moins cristallisées. La texture est hétérogène, composée de barytine visible à l'œil nu, de taches grises de galène (PbS) et de taches de rouille oxydées du fer. La cassure la plus souvent observée est une cassure typique sur laquelle la roche est très friable et fragile. La roche est constituée de barytine visible à l'œil nu. L'éclat de la barytine est nacré et vitreux. La dureté de la barytine est de 3 à 3,5, celle du calcaire est de 3.</p>

	<p>La roche B3 est une roche sédimentaire. Sa patine est blanche pour la barytine et pour le calcaire elle est de couleur jaune et rouillée. Sa texture est hétérogène, les montagnes et les pics qui sont soudés se composent de barytine visible la majorité de l'échantillon, on retrouve à différents endroits du calcaire altéré. La cassure est très fragile, en cassure d'un calcaire dur et altéré. L'éclat de la barytine est terne sans aucune cristallisation, celui du calcaire est cristallin, celui de l'oxydation de fer nacré ou métallisé. La dureté de la barytine est de 3 à 3,5 celle du calcaire est de 3. A l'acide chlorhydrique dilué seul le calcaire semble réagir rapidement.</p>
	<p>L'échantillon B4 est une roche sédimentaire. Sa patine est formée de barytine blanche, de calcaire altéré et d'oxydation de fer sur des surfaces rugueuses et peu brillantes. Sa texture est des plus variables, on peut observer une barytine prédominante sur toute la surface de l'échantillon, du calcaire altéré et de l'oxydation de fer sur les bords. La cassure est très fragile, on observe du calcaire dur et altéré. La barytine est friable sans pour autant être cristallisée, le calcaire est brillant et semble cristallin, l'oxydation de fer n'a aucun brillant. La dureté est entre 3 et 3,5 pour la barytine, de 3 pour le calcaire, et variable pour l'oxydation de fer. Seul le calcaire réagit assez rapidement à l'acide chlorhydrique dilué.</p>

Tableau 1 - Description macroscopique des échantillons A1 à B4

13.Description Microscopique :

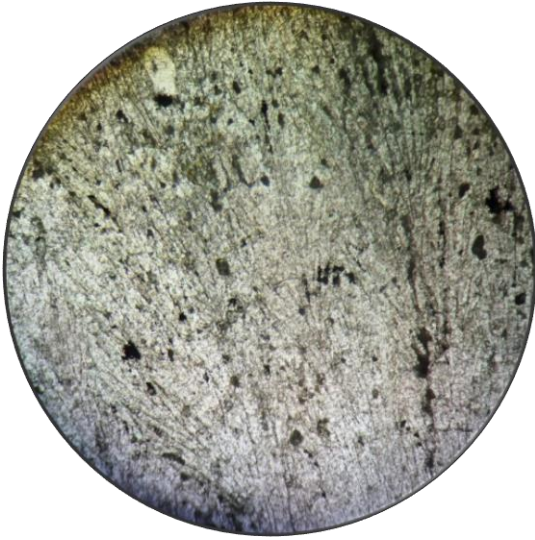


Figure 20 - A1 lumière naturel

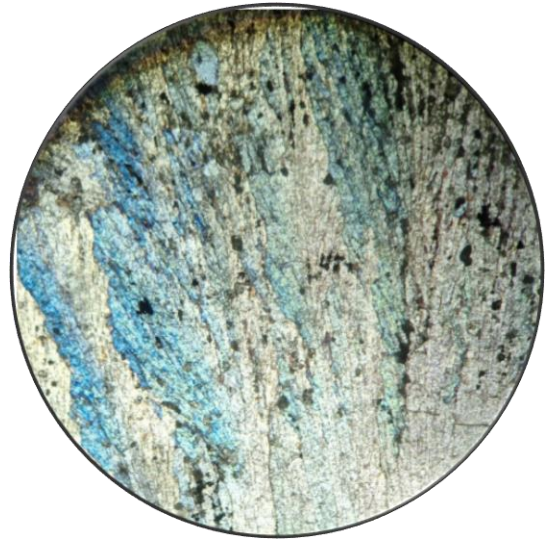


Figure 21 - A1 lumière Nature polarisée analysée (LNPA)

- **Lumière naturelle (LN) :**

En observant le LN lame minces pour L'échantillon A1, nous constatons que la pièce entière contient de la barytine, de couleur blanche à grise, avec une forme lamellaire.

- **Lumière naturel polarisée analysée (LNPA) :**

En examinant cet échantillon (A1), nous avons constaté que les teintes de polarisation sont principalement du premier ordre d'interférence. De plus, la présence de minéraux opaques ainsi que de produits d'oxydation du fer est bien visible, traduisant une possible influence d'un environnement hydrothermal. Aucun pléochroïsme ni macles n'ont été observés.

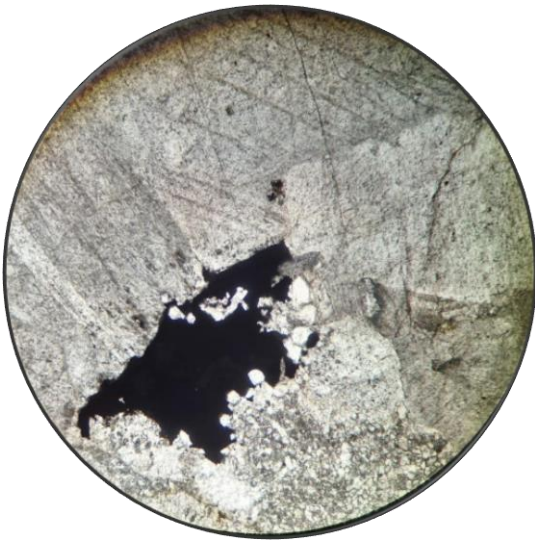


Figure 22 - A2 lumière naturel

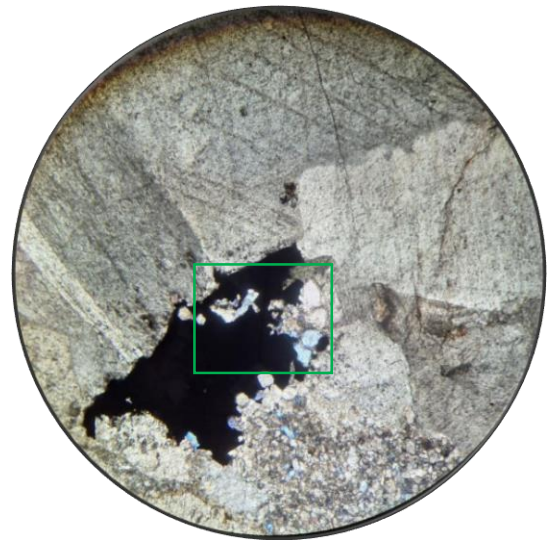


Figure 23 - A2 lumière Naturel polarisée analysée (LNPA)

- **Lumière naturelle (LN) :**

En examinant A2, on remarque la présence d'une grande tache noire au centre, signe que la lumière ne passe pas, ce qui indique la présence d'un métal, plus précisément de galène (PbS). On remarque également des taches blanches indiquant la présence d'autres minéraux, ainsi que d'autres zones blanches et grises qui semblent être du carbonate de calcite (CaCO_3).

- **Lumière Naturel polarisée analysée (LNPA) :**

L'apparition de taches bleu pâle sur l'échantillon A2 indique la présence de quartz. On suppose qu'il s'agit de calcite (CaCO_3) et de galène (Pbs) et de calcaire encaissant, avec présence arrachement triangulaire, comme illustré dans l'encadré vert.

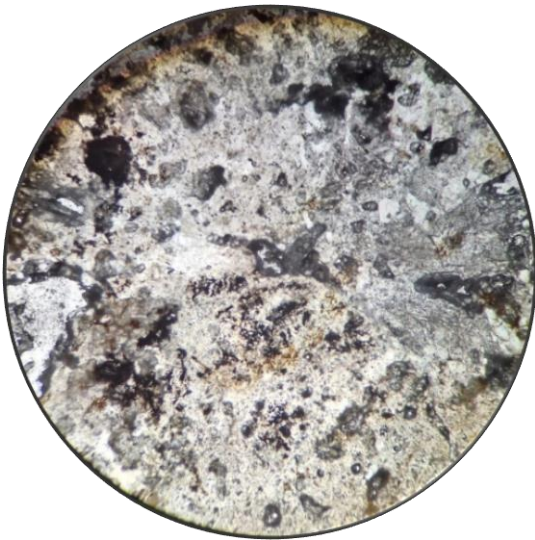


Figure 24 - A3 lumière naturel

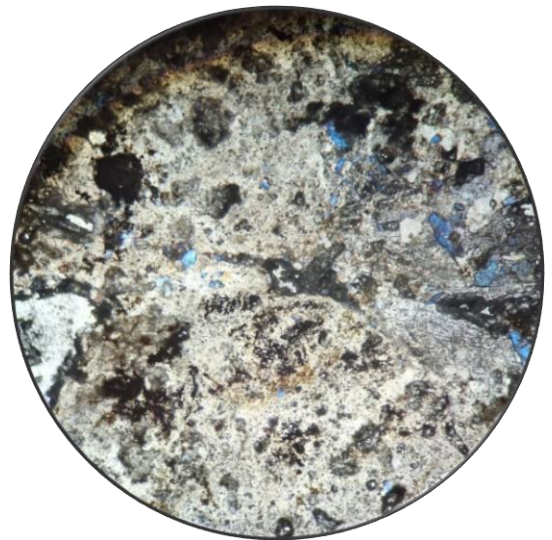


Figure 25 - A3 lumière Naturel polarisée analysée (LNPA)

• **Lumière naturelle (LN) :**

Lors de l'examen de A3, on remarque la présence de taches noires réparties sur la galène (PbS), avec un contraste net de baryte (BaSO_4) gris clair, la présence d'impuretés d'oxydation du fer sur les bords et la présence de calcite (CaCO_3) carbonatée de couleur blanc grisâtre.

• **Lumière Naturel polarisée analysée (LNPA) :**

Dans la section A3, on remarque l'apparition de quelques taches de baryte (BaSO_4) bleu pâle du second ordre d'interférence et gris clair du premier ordre, sans modification des couleurs du carbonate de calcite (CaCO_3) et de galène (Pbs).

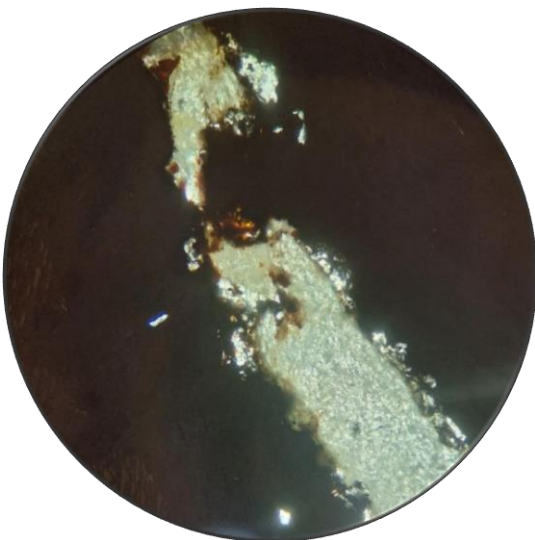


Figure 26 - A4 lumière Naturel

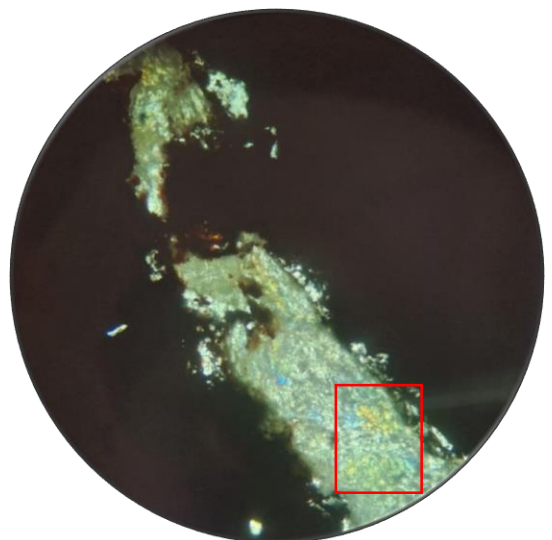


Figure 27 - A4 lumière Naturel polarisée analysée (LNPA)

- **Lumière naturelle (LN) :**

Lors de l'examen de la zone A4, la majeure partie apparaît noire, signe de la présence importante de galène (PbS). On remarque également la présence de micro-remplissages de baryte (BaSO_4) et l'apparition nette d'oxydation du fer.

- **Lumière Naturel polarisée analysée (LNPA) :**

Dans l'échantillon A4, on observe des taches bleues et jaunes apparaissent dans les micro-remplissages du second ordre d'interférence, Il est à noter que la forte épaisseur de la lame, due à l'abondance de barytine, avec des résidus d'oxydation du fer, dont la plupart sont de la galène (PbS) et la présence les teint de biréfringence indique la présence de carbonate de calcite (CaCO_3) illustré dans l'encadré rouge.



Figure 28 - B1 lumière naturel



Figure 29 - B1 lumière Naturel polarisée analysée (LNPA)

- **Lumière naturelle (LN) :**

Nous remarquons dans l'échantillon B1 que la majeure partie est constituée de baryte minérale avec de la galène (PbS) se distinguant au milieu par une couleur noire accompagnant l'oxydation du fer.

- **Lumière Naturel polarisée analysée (LNPA) :**

L'échantillon B1 présente une couleur bleu pâle avec une couleur verte indiquant la baryte (BaSO_4) trop épaisse avec un Ordre d'interférence secondaire.

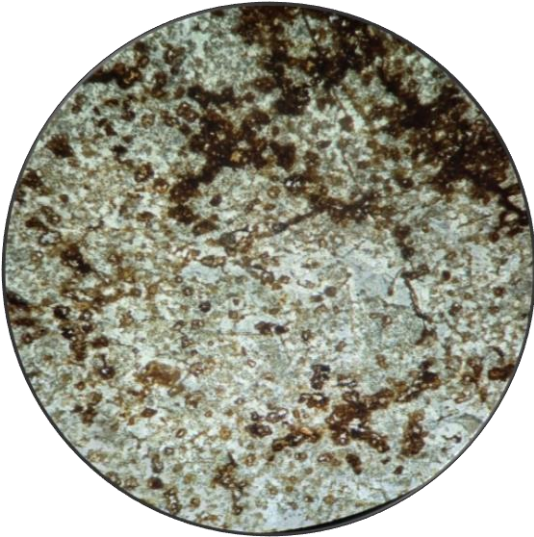


Figure 30 - B2 lumière Naturel



Figure 31 - B2 lumière Naturel polarisée analysée (LNPA)

• **Lumière naturelle (LN) et Naturel polarisée analysée (LNPA) :**

B2 Dans l'échantillon B2, on observe la présence de dépôts calcaires alternés et la prédominance de l'oxydation du fer. Il ya un remblissage de baryte (BaSO_4), et il ya d'autres minéraux tels que le galène (PbS), pyrite.

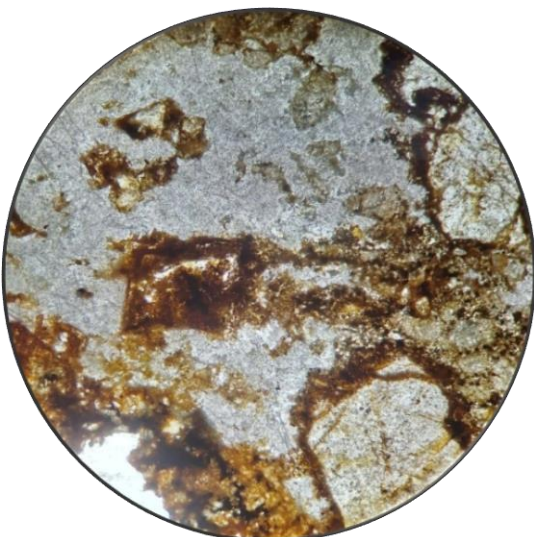


Figure 32 - B3 lumière Naturel

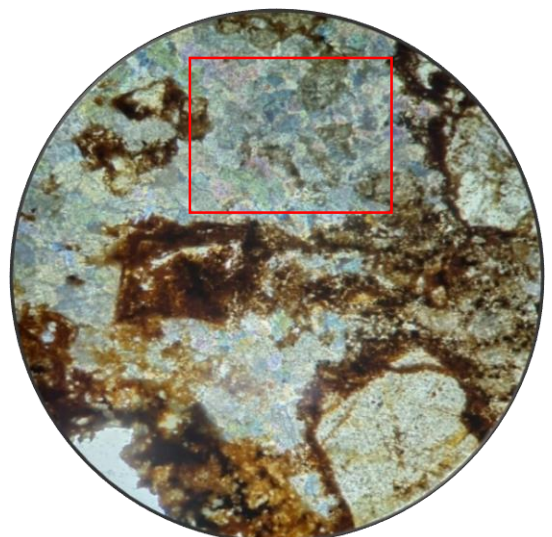


Figure 33 - B3 lumière Naturel polarisée analysée (LNPA)

- **Lumière naturelle (LN) :**

Dans l'échantillon B3, nous avons observé d'oxydation du fer sous deux formes distinctes : des stries et des petits blocs. Et carbonate de calcite (CaCO_3) dont la couleur varie du blanc au gris.

- **Lumière Naturel polarisée analysée (LNPA) :**

Dans l'échantillon B3, nous avons observé du les teint de biréfringence indique la présence de carbonate de calcite (CaCO_3), comme indiqué dans le cadre noir. et la présence de barite en petits cristaux xénomorphes. Nous n'avons également observé aucun changement dans l'oxydation du fer et du calcite.

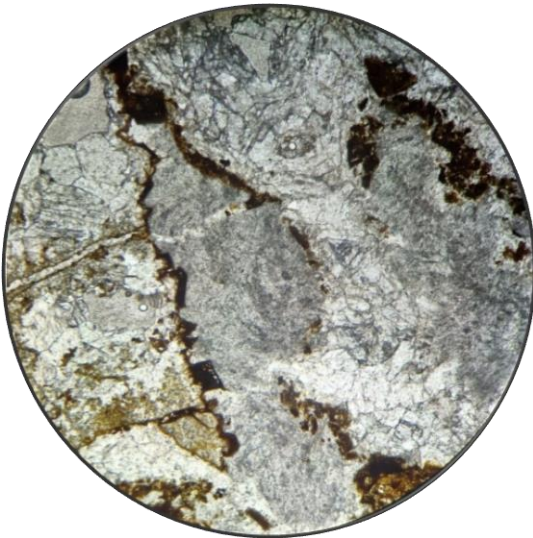


Figure 34 - B4 lumière Naturel

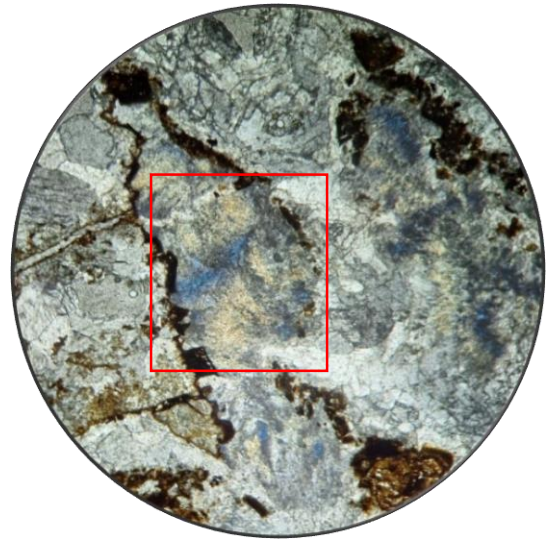


Figure 35 - B4 lumière Naturel polarisée analysée (LNPA)

- **Lumière naturelle (LN) :**

Dans l'échantillon B4, on observe la présence abondante de remplissage de barytine (BaSO_4), ainsi que la présence d'oxydation du fer sous deux formes différentes : filaments et petits blocs. On observe également la présence de calcite (CaCO_3) altérés de couleur brun clair.

- **Lumière Naturel polarisée analysée (LNPA) :**

Dans l'échantillon B4, on remarque la présence les teint de biréfringence indique la présence de carbonate de calcite (CaCO_3) de couleur bleu clair et jaune comme illustré dans l'encadré rouge, indiquant qu'il s'agit du deuxième d'ordre d'interférence, avec un aspect net d'oxydation du fer.

14.Description Générale :

Les observations faites à la loupe binoculaire et au microscope polarisant sur les lames minces et les fragments minéraux indiquent que les minéraux principaux sont la barytine (BaSO_4), la galène (PbS), la calcite (CaCO_3) et parfois des oxydes de fer. On peut constater sur certaines lames que la minéralisation présente un recoupement dans le temps puisque la galène remplace la barytine comme en témoignent la belle géométrie des cristaux dans lesquels la galène s'est emboîtée et les fragments de barytine emprisonnés à l'intérieur de la galène. La galène ne semble pas avoir totalement remplacé toute la barytine ; elle a fini par emprisonner à l'intérieur d'elle-même des fragments résiduels de ce minéral.

On remarque la même chose lorsque l'on compare la calcite (CaCO_3) à la galène. La minéralisation en galène a envahi la roche encaissante initiale, probablement un carbonate, remplacée par la galène qui emprisonne à l'intérieur d'elle-même des fragments résiduels de calcite (CaCO_3). Ces observations sont le témoin de nombreuses transformations minéralogiques des remplissages successifs dans les zones d'altérations.

15. La minéralisation

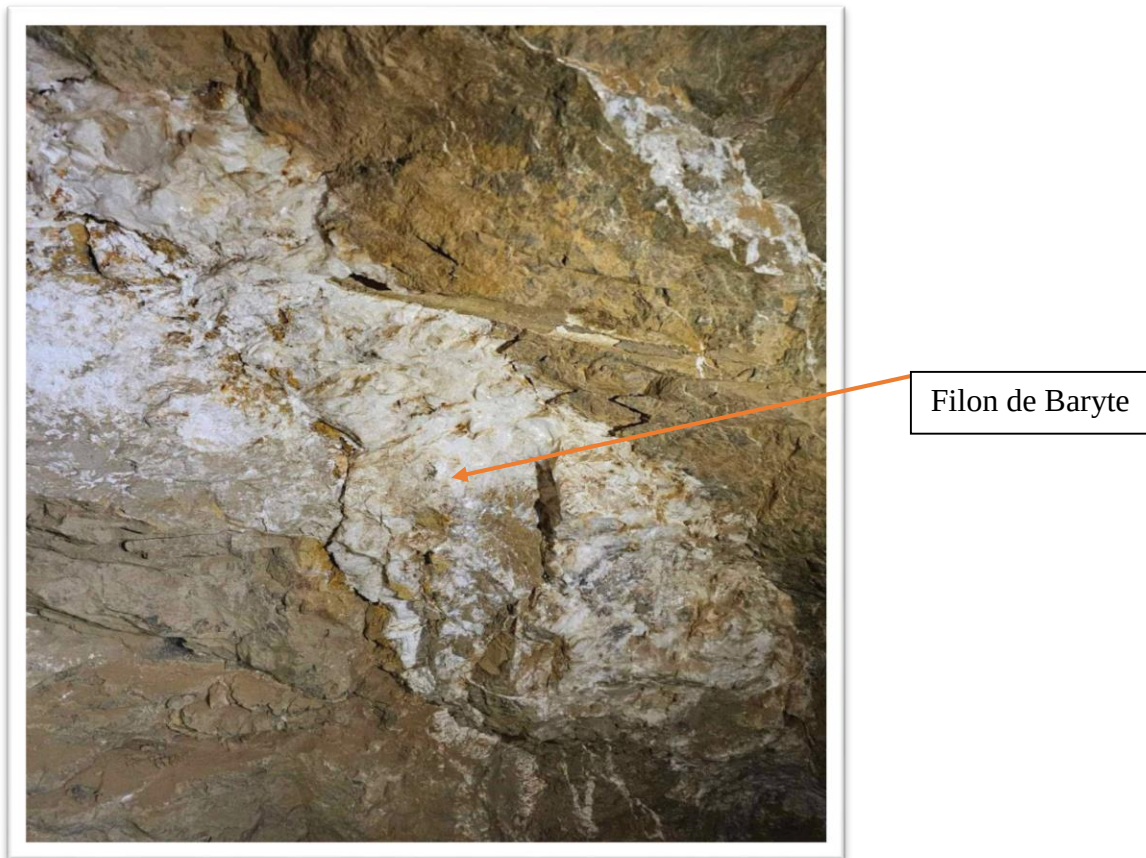


Figure 36 - Zone de contact montrant le filon de baryte en liaison avec le calcaire.

À Bou Caïd, la barytine se trouve sous formes de minéralisations épigènes veinuleuse et karst-hydrothermale, encaissées dans des cavités de dissolution du Jurassique et du Crétacé, généralement associée à des sulfures tels que la galène et la sphalérite et à des minéraux secondaires non sulfures tels que l'hémimorphite, la smithsonite et la cérusite, indicateurs d'un enrichissement supergène. La précipitation de la barytine est associée à la circulation de fluides hydrothermaux de basse température (100–200 °C), enrichis en Ba^{2+} et issus probablement du lessivage de roches volcanique en profondeur ou de bassins sédimentaires.

Ces fluides se sont mis en mouvement dans les fractures et les cavités karstiques, et ont précipité la barytine (BaSO_4) au contact de milieux riches en sulfate (SO_4^{2-}) issus de la dissolution de gypse ou d'évaporite. Le tout à la fois encore hydrothermal à l'origine, puis supergénéisé, responsable de la formation secondaire des minéraux. Tout cela indique un système hydrothermal d'origine plus ouvert, canalisé par la porosité karstique et la fracturation du substratum.

Ces fluides ont circulés dans des fractures et des cavités karstiques, et ont précipités la barytine (BaSO_4) au contact de milieux enrichis en sulfates (SO_4^{2-}), probablement issus de la dissolution de gypses ou d'évaporites. La description conserve les traces d'un épisode hydrothermal d'origine, suivi d'une altération supergène, qui sont responsables de la formation secondaire des minéraux. Tout cela suggère un système hydrothermal d'origine plus ouvert, guidé par la porosité karstique et la perméabilité structurale du substratum.

16. Conclusion du Chapitre :

L'étude géologique des gisements de Ba de Boucaïd et de Berrouaghia a révélé des processus complexes ayant conduit à la formation des minéralisations. En effet, les observations effectuées sur les échantillons recueillis tant épigénétiques que sur roches encaissantes indiquent un contexte géochimique riche en éléments divers. Du point de vue minéralogique, elles se composent principalement de BaSO_4 appartenant à la barytine en plus de galène (PbS) et de carbonate de calcite (CaCO_3) et d'oxydes de fer. L'ensemble des structures tectoniques et des processus hydrothermaux et supergène a largement contribué au développement des gisements. En effet, les circulations de fluides chargés en BaSO_4 et autres éléments en solution ont occasionné la formation de cristaux de BaSO_4 au sein de cavités karstiques et de fractures. Ceux-ci se sont souvent associés sous forme de minéralisation à d'autres éléments, ce qui explique la présence de PbS de galène de ZnS de sphalérite et de calcite (CaCO_3) et autres minéraux secondaires. En comparaison des échantillons de deux sites on remarque que pour des minéralisations proche similaires il peut en résulter pourtant des différences dues à la nature des formes encaissantes ou encore des types et intensité d'attaque hydrothermales. Cette étude des échantillons nous a donné beaucoup d'élément de compréhension du gisement des minéralisations à Ba de la région. Les éléments mis en lumière pourront aussi être utile à la caractérisation économique des gisements de Ba des deux secteurs.

Chpitre04 :

Comparaison des deux Gisements

1. Introduction :

L'étude comparative des gisements de Boucaïd et de Berrouaghia en BaSO₄ a pour objectif de mettre en exergue les Similarités et différences d'ordre géologique et minéralogique ainsi qu'au niveau de la structure et des caractéristiques économiques. En effet, malgré la proximité géographique de ces deux gîtes, leur implantation est liée à des processus hydrothermaux ayant circulé dans le même type de substratum à savoir le socle carbonaté mais la ressource se présente sous plusieurs formes en termes de localisation et d'association minéralogique ainsi que de gîtes accompagnateurs. Il en découle des caractéristiques différentes en termes économiques. Les différents composants du BaSO₄ présentent des utilisations différentes ; il est donc important de faire une courte comparaison des deux gîtes en nous appuyant sur la première enveloppe de ce mémoire

2. Comparaison des caractéristiques géologiques :

Tableau 2 - Comparaison des caractéristiques géologiques, tectoniques et structurales.

Critère	Boucaïd	Berrouaghia
Localisation géologique	Partie orientale du massif de l'Ouarsenis	Zone métallogénique du nord-est algérien
Formation encaissante	Roches sédimentaires jurassiques et crétacées (carbonatées)	Carbonates crétacés
Structures géologiques	Failles, fractures, karsts ; altération supergène marquée	Failles majeures et zones diapiriques ; karstification absente ou limitée
Complexité géologique	Très marquée : karstification, phénomènes supergènes, hétérogénéité des unités	Plus homogène : veines dans carbonates crétacés, sans altération secondaire significative
Rôle de la tectonique	Contrôle la circulation des fluides et la formation des veines et poches karstiques	Joue un rôle majeur dans la formation des veines filoniennes barytiques

Les deux gisements, Bou Caïd et Berrouaghia, sont situés dans des formations carbonatées propices à la circulation de fluides minéralisateurs sous contrôle d'une tectonique marquée (failles, fractures). Ces contextes tectono-sédimentaires

constituent un environnement favorable à la précipitation de la barytine, phase minéralisée commune que l'on observe majoritairement dans les deux sites.

Cependant, l'on remarque quelques différences qui séparent ces deux contextes. Bou Caïd, à l'est du massif de l'Ouarsenis, y est géologiquement plus complexe. Sa minéralisation est encaissée dans des séries du Jurassique et du Crétacé, fortement karstifiées et/ou altérées par des phénomènes d'actions de surface secondaires. Ces phénomènes sont la cause de la formation de minéralisations secondaires mais aussi de la variété de minéralisations observées.

A l'inverse, le gisement de Berrouaghia, situé dans la province métallogénique du nord-est algérien, est essentiellement développé dans des carbonates du

Cretacé. A la différence de Bou Caïd, sa géologie est plus homogène. De plus, à l'inverse de Bou Caïd, elle est caractérisée par des veinules filoniennes sans véritable trace de karstification ni de phénomène d'altération secondaire. Les filons barytiques y sont limités et contrôlés par les failles et les zones diapiriques.

En résumé, Bou Caïd se veut être un site plus complexe par sa nature lithologique et par son histoire géologique, alors que Berrouaghia tend vers un contexte tectonique efficace mais plus simple, contrôlant à la source des eaux minéralisées le dépôt minéralisé sur un support homogène et peu déformé.

3. Comparaison de minéralisation :

Aspect	Bou Caïd	Berrouaghia
Type de gîte	Veineux + Karstique	Veineux
Roche hôte	Carbonates jurassiques/crétacés	Carbonates crétacés
Métaux associés	Pb-Zn (galène, sphalérite), non-sulfures	Aucun métal Pb-Zn visible actuellement
Température estimée	100–200 °C	~100 °C ou moins
Style hydrothermal	Complexe, polyphasé	Simple, monophasé
Fluide source	Hydrothermal, modérément riche en Ba ²⁺	Hydrothermal, pauvre en métaux

Tableau 2 - Comparaison des caractéristiques de minéralisation.

Les deux gisements de BouCaïd et de Berrouaghia, bien qu'ayant pour origine des circulations hydrothermales à basse température localisées au sein de terrains carbonatés du Crétacé, correspondent à des systèmes minéralisateurs très différents. Bou Caïd se caractérise par un système polymétallique complexe type filon + karst, dont la minéralisation est observée sous forme de sulfures primaires (galène, sphalérite) et secondaire (Carbonate de Clacite) à partir d'un fluide minéralisateur riche en Ba²⁺, Pb et Zn qui a circulé à travers un réseau de failles et de karsts et dans un contexte tectonique et seyant, à des températures comprises entre 100 et 200 °C.

À l'opposé, le gisement de Berrouaghia correspond à un système monométallique, caractérisé exclusivement par des filons de barytine, les filons étant localisés et émoussés le long de failles, avec une minéralisation illimitée à 100 °C ou moins à partir d'un fluide hydrothermal très

pauvre en éléments métalliques. À la différence du système minéralisé de Bou Caïd, le système de Berrouaghia n'est pas affecté de dépôts secondaires Supergène ni de karst.

Ainsi, les gisements de Boucaïd et Berrouaghia, bien que tous deux liés à des circulations hydrothermales dans des terrains carbonatés, correspondent à deux styles minéralisateurs très différents en termes de minéralogie, de composition métallifère, de géométrie et de complexité. En effet, Bou Caïd est un exemple de minéralisation complexe multiphasée et polymétallique là où Berrouaghia correspond à un système simple et monométallique exclusivement limité à la barytine.

4. Comparaison des types de gîtes

Critère	Bou Caïd	Berrouaghia
Type de gîtes	Gîtes filoniens et karstiques	Gîtes filoniens uniquement
Environnement géologique	Formations jurassiques et crétacées	Formations carbonatées du Crétacé inférieur
Structure de contrôle	Faïlles et cavités karstiques	Faïlles uniquement
Complexité du système minéralisé	Plus complexe (superposition de plusieurs phases de minéralisation)	Moins complexe
Minéraux secondaires (altération)	Présents : hémimorphite, smithsonite, cérosite, hydrozincite	Absents
Spécificité	Développement de poches karstiques riches en barytine et minéraux non-sulfurés	Gîtes filoniens à barytine sans altération secondaire visible

Tableau 3 - Comparaison des types de gîtes et de leur complexité minéralogique.

Les deux gisements présentent un type commun de minéralisation : **les gîtes filoniens**, contrôlés par des structures tectoniques (faïlles, fractures), où la barytine constitue le principal minéral exploité. Ce mode de mise en place traduit une genèse hydrothermale liée à la circulation de fluides minéralisateurs dans des zones de fragilité tectonique.

Cependant, **Boucaïd** se distingue par la présence **supplémentaire de gîtes karstiques**, remplissant d'anciennes cavités formées dans les carbonates. Ces gîtes contiennent non seulement de la barytine, mais aussi des **minéraux non sulfurés secondaires** tels que l'hémimorphite, la smithsonite et la cérusite, témoignant d'une altération supergène postérieure à la minéralisation principale.

À l'inverse, **Berrouaghia** n'abrite que des **gîtes filoniens simples**, confinés aux zones de failles dans les carbonates crétacés. Aucun indice de karstification ni de minéraux secondaires n'y est observé, ce qui reflète une **génèse plus directe, homogène et peu altérée**.

En résumé, Bou Caïd illustre un système plus complexe et évolué, associant plusieurs phases minéralisatrices et transformations post-dépositionnelles, tandis que Berrouaghia présente un cadre plus simple, témoignant probablement d'un unique épisode de minéralisation peu affecté par des processus secondaires.

5. Comparaison économique et qualitative :

Aspect	Bou Caïd	Berrouaghia
Qualité de la barytine	Élevée (BaSO ₄ : 75–85 %)	Bonne, mais légèrement inférieure
Potentiel économique	Actif, avec valeur industrielle forte	Potentiel existant
Métaux associés	Présence de Pb-Zn (galène, sphalérite), Cu, Fe, non-sulfures	Absence actuelle de minéralisations secondaires métalliques
Morphologie des filons	Filons irréguliers et discontinus	Corps plus massifs et mieux définis
Accessibilité technique	Exploitation difficile (environnement rural, accès limité)	Exploitation facilitée en profondeur
Méthode d'évaluation	Réseau de galeries souterraines (ancienne prospection)	Sondages récents (modélisation plus précise)
Rentabilité globale	Renforcée par le potentiel polymétallique	Moins rentable en l'absence de métaux secondaires

Tableau 4 - Comparaison économique et qualitative des gisements.

Les deux Gisement présentent un certain intérêt d'un point de vue économique, en raison de la présence de gisements de barytine de bonne qualité. Néanmoins, leurs situations et potentiel évoluent différemment.

À Bou Caïd, la barytine est encore exploitée et avec une agréable surprise, puisque le minerai est de très bonne qualité : pour les besoins de l'industrie pétrolière, chimique et médicale, la teneur en BaSO_4 doit être supérieure à 75 %. Elle est en mine souvent supérieure à 85 %. Il n'est pas rare de rencontrer par ailleurs des minerais à teneur élevée en d'autres métaux (smithsonite, hémimorphite, galène, sphalérite) qui viennent bonifier la ressource. Néanmoins, les veinules sont insolites et peu continues et doivent être pour certaines extraites dans des conditions difficiles en pleine campagne et dans des secteurs difficiles d'accès. Les réserves commence à être relativement bien entendu, car une bonne partie est entièrement connu et accessible grâce à un puissant réseau de coes souterrain. Il est enfin bon de souligner que la barytine de Bou Caïd a une couleur brune due à la présence de certaines impuretés telles que des oxydes de fer (Hématite ou Limonite), libérés par un phénomène d'altération supergène et par la circulation d'un fluide plus complexe.

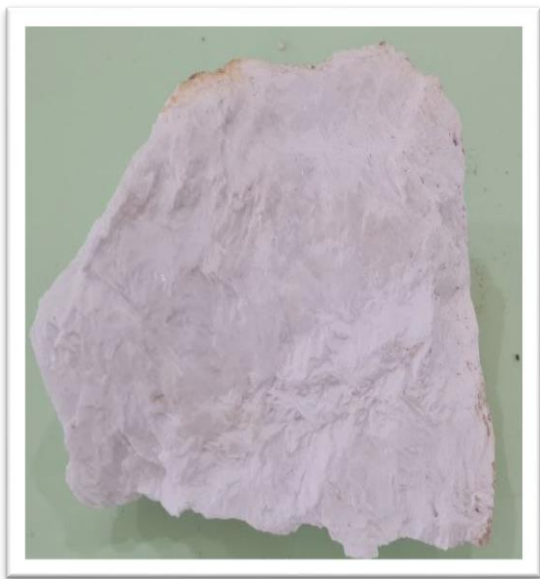


Figure 37 - Échantillon monominéral constitué exclusivement de baryte.



Figure 38 - Stock de produits semi-finis de baryte sur le site de Boucaïd.

À Berrouaghia, La barytine y est de bonne qualité, mais elle est un peu inférieure à celle de Bou Caïd. Les minéraux métalliques sont plus épais et plus profonds, donc cela rend techniquement une reprise d'exploitation en profondeur plus facile. L'estimation est basée sur

des forages géologiques récents, donnant une meilleure modélisation du réservoir. La barytine a une couleur blanche, ce qui signifie une pureté plus élevée et l'absence d'inclusions métalliques importantes. Cependant, l'absence de minéralisations économiques secondaires (type Pb-Zn) limite la rentabilité globale.



Figure 39 - Échantillon de baryte provenant du gisement de Berrouaghia.

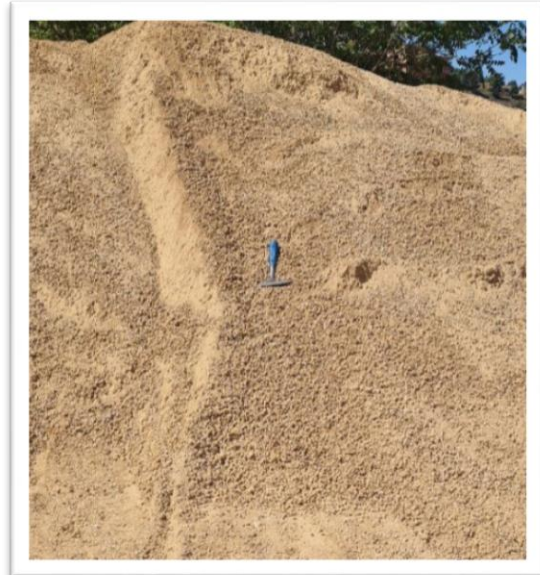


Figure 40 - Stock de produits semi-finis de baryte sur le site de Berrouaghia.

En bref, BouCaïd est caractérisé par sa richesse minérale, sa production en cours et son potentiel polymétallique, ainsi que des problèmes techniques. Berrouaghia est, par contre, une configuration minière plus favorable mais un secteur économique moins diversifié, ce qui en fait un gisement très intéressant mais secondaire à court terme.

6. Conclusion sur le type de Gisements :

En raison des éléments mis en évidence tout au long de cette étude comparative entre les deux gisements de Bou Caïd et Berrouaghia, il est possible de leur attribuer un type de minéralisation présent sur ces deux sites.

Le gisement de Boucaïd s'apparente aux gisements de type MVT. En effet, il est hébergé par un réservoir carbonaté (Jurassique-Crétacé), avec des présences de minéralisation sulfures primaire (galène, sphalérite) et secondaire par altération supergénique (smithsonite, cérusite, hémimorphite). Les températures de génèse (100-200°C), la présence de nombreux karsts et la diversité de phases minérales observées traduisent un système hydrothermal polyphasé,

gouverné par la tectonique et l'évolution supergénique, suivant les grandes lignes des gisements de type MVT classé comme tel, mais adapté à un contexte géologique bien particulier.

En revanche, le site de Berrouaghia représente un système plus simplifié, limité à des filons barytiques dans des carbonates crétacés. Il ne présente pas d'évolution supergénique ni d'associations métallifères marquantes. La température de formation est plus faible ($\approx 100^{\circ}\text{C}$ ou moins) et les fluides impliqués sont plus pauvres en métaux. Tous ces éléments ne correspondent pas à un gisement de type MVT.

Le gisement de Boucaïd présente un gisement de type MVT évolué et polymétallique, alors que le gisement de Berrouaghia représente un gisement filonien monométallique et simplifié sans altération supergénique.

7. Conclusion du Chapitre :

La comparaison entre ces deux gisements a permis de révéler des différences notables sur les plans géologique et minier. Tout d'abord, il faut retenir que le gisement de Bou Caïd est caractérisé par une forte complexité structurale et minéralogique, ce qui se traduit par une minéralisation polymétallique (barytine, galène, et des minéraux secondaires d'altération supergène), ce qui rend le gisement très intéressant sur le plan économique mais complexe à exploiter. Par contre, le gisement de Berrouaghia est implanté sur un contexte plus homogène et simple à savoir une minéralisation représentative par une série de filons barytiques (monométallique) et peu ou pas de minéraux secondaires constituant une altération du gisement initial. Cette géologie simple rend l'exploitation plus facile sur le plan technique, mais très limitée économiquement (barytine uniquement).

En ce sens, les gisements de Bou Caïd et de Berrouaghia représentent deux cas différents de systèmes minéralisateurs à savoir l'un polymétallique et complexe et l'autre monométallique et simple, et qui demanderait deux types d'exploitation différents.

-Conclusion Générale :

L'étude des gisements de baryte de Boucaïd et Berrouaghia a permis de mettre en lumière des différences importantes tant sur le plan géologique que sur le plan minéralogique. Le gisement de Boucaïd est caractérisé par une grande complexité structurale, une minéralisation polymétallique typique des gisements de type MVT (Mississippi Valley Type) et une altération supergène qui a retiré plusieurs de ses caractéristiques. Ces caractéristiques sont le résultat de plusieurs épisodes hydrothermaux polyphasés importants.

En revanche, le gisement de Berrouaghia est plus simple, il est constitué en majorité que par des filons barytines monométalliques qui est presque le seul à bénéficier de l'absence d'altération supergène. Cette simplicité présente aussi en grand la jeunesse des encaissants carbonatés crétacés puisque aucun mécanisme tectonique ne viendra les compliquer.

Au terme de notre étude, on peut considérer que Boucaïd est un gisement économique et métallogénique d'importance majeur et que Berrouaghia est mineur qui après étude, n'offre à exploiter que de la barytine pure. Notre étude contribuera donc à mieux connaître les gisements locaux et à mieux connaître les enjeux de leur exploitation en termes d'orientation des prospections à l'avenir.

-Bibliographie

Aoudjehane, M. (1989). Le district minéralisé à Ba, Sr, Pb et Zn de Berrouaghia : arguments pour une halocinèse de Trias dans les Biban occidentaux.

Belfarh, I. (2023). *Caractérisation pétrographique et structurale du gisement de baryte de Boucaïd, Wilaya de Tissemsilt : Relation encaissant-minéralisation* (Mémoire de Master benaama amina _Oran 2). Université d'Oran 2.

Benhamou, M. (1996). *Évolution tectono-eustatique d'un bassin de la Téthys maghrébine : L'Ouarsenis (Algérie) pendant le Jurassique inférieur et moyen* (Thèse de Doctorat d'État, Université d'Oran). Université d'Oran_Mr.Benhamou

CALEMBERT L. (1952) - Etude géologique du "Massif culminant de l'Ouarsenis".

F. Baladah. (2012). *Revalorisation des rejets barytiques issues des jigs et impact environnemental : Cas de la mine d'Ain Mimoune/Khénchla* (Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba). Université Badji Mokhtar.

Kandi, K. (2013). Étude des minéralisations de la région de Berrouaghia-Médéa (Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiène). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiène.

Korchi A. 1987 : Djebel Sak – Sak bordure méridionale du bassin néogène de Médéa.
Etude géologique et gîtologique. *Mémoire d'ingénieur d'état USTHB*.

Mattauer, M. (1958). *Étude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie)* (Nouvelle série, Bulletin n° 17). Service de la Carte géologique de l'Algérie.

Mémoire MASTER benaama amina _ ORAN2. (2021). *Mémoire de Master*. Université d'Oran. Manuscrit non publié.

Sigal, J. (1963). [Étude sur les orbitolines et ammonites ferrugineuses dans les Biban, Algérie]. Bulletin non consulté.

T. Batouche, & I. Abbassi. (2015). *Calcul qualitatif quantitatif d'un nouveau schéma de traitement du minerai barytique de Ain Mimoun Khénchela* (Mémoire de Master, Université Larbi Tebessi, Tébessa). Université Larbi Tebessi.

Zeghari, A. (2013). *Étude des blocs diachrones resédimentés dans le flysch « Albo-Aptien » (Grand Pic de l'Ouarsenis) : Cartographie et aspects sédimentologiques* (Mémoire de Magister, Université d'Oran). Université d'Oran.