

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : des Sciences de la Terre et de
l'Univers

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم: علوم الأرض والكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie

Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement

Thème

**Exploration et prospection géochimique et géophysique
du gisement polymétallique de Merouana, wilaya de
Batna (Algérie Nord-Orientale)**

Membres de Jury

Président : MAHDID Souhil

Examinateur : BENLAMARI Azzouz

Encadrant : OUAAR Belkacem

Présenté par :

BOUTERS SAMAH

ZAABAT KELTHOUM

Année Universitaire 2020-2021

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciements :

Nous tenons avant tout à remercier, ALLAH, le tout puissant, le tout miséricordieux, qui, grâce à sa protection et sa bienveillance, nous a permis d'acquérir le savoir et d'arriver à ce niveau.

Toute mon infinie gratitude va à mon promoteur Monsieur OUAAR BELKACEM, pour son encadrement et ses conseils précieux. Un grand merci à Monsieur Mahdid Souhil, Monsieur Benlamari Azzouz et Monsieur Rwikha Youssef, pour le savoir qu'ils nous ont transmis avec modestie et sans hésitation Nous aimerons Nous tenons à exprimer notre sincère salutation à nos amis que nous avons toujours eus à nos côtés et à tous les collègues pour leur soutien moral.

En fin nous remercions nos parents et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude et respects.

Dédicace :

Je dédie ce travail à la plus grande bénédiction du Seigneur de l'univers, ma mère et mon père, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études.

*A mes frères : Hamza, Youssef, Bilal, Islam,
et mes sœurs : Radia, Soumia, Noura et Wahiba*

*Et aussi ma cousine, mon amour Lina, et à toute la famille
Bouters*

*A la femme de mon frère widade , Sarah, et aussi à ma petite
fille et la joie de la maison, ma nièce Nada Line*

*Aux amis de mon cœur, Nabila, Kenza, Rania, Soumia, et mon
collègue dans ce travail, Kelthoum , qui était mon ami et restera
mon ami que j'aime peu importe à quel point nous sommes
trébuchés par les problèmes de temps, les déceptions et le
manque de chance Malgré tout cela, nous avons continué
ensemble jusqu'à la fin de notre voyage d'études.*

Et à tous les enseignants et élèves du groupe RMGE.

Bouters Samah

Dédicace :

Je dédie ce travail à mes parents pour leurs efforts, leurs soutiens et leurs prières pour moi tout au long de mes années scolaires.

Vous avez été mon fort soutien pour cela vous méritez plus de mille remerciements.

Je remercie mes frères de tout Houdayfa , Oussama, Hicham, Abdel Bari et Mousaab, et mes sœurs Sarah, Selma et Amina et je n'oublierai pas mes neveux, Bara El-din et Djawad et toute la famille Zaabat.

Je dédie également ce travail aux amis de mon cœur et de mon sang, Nabila , Rania et Soumia .

Et pour la personne qui m'a ennuyé dans cette période difficile, et j'avais une sœur et une bonne amie qui était ma collègue dans ce travail Samah .

Je n'oublierai jamais mon amour et mon fiancé Hocine.

Et tous mes collègues de la promotion RMGE .

Zaabat kelthoum

Résumé :

La mine de Merouana appartient à la wilaya de Batna, sa minéralisation montre beaucoup d'analogie avec les minéralisations du Hodna et constitue le meilleur exemple représentatif des occurrences à Pb-Zn encaissées dans l'Aptien de tout la région du Hodna-Belezma.

Le gisement de Merouana se localise sur le versant Nord des monts de Belezma dans la zone de jonction de la terminaison orientale des monts du Hodna, il représente le flanc Nord d'une structure anticlinale à cœur Jurassique de direction NE-SW.

Le secteur de Merouana fait partie du domaine plissé de l'avant-pays atlasique. Il est limité dans sa partie septentrionale par le massif de Mestaoua, qui correspond à l'allochtone Sud-Sétifien, défini par Vila (1980) et dans sa partie méridionale par les Monts de Batna.

Les principales séries stratigraphiques du secteur d'étude sont attribuées au Crétacé inférieur, comprenant essentiellement le Barrémien et l'Aptien en série monoclinale :

Les minéralisations de Merouana se trouvent dans la barre dolomitique de l'Aptien supérieur, sous forme de remplissage de fissures de directions diverses, à remplissage généralement de sphalérite et accessoirement de galène et pyrite associées à de la dolomite blanche.

Le travail de recherche effectué consiste en compilation, les traitements et l'interprétation géophysique et géochimique des données adoptées par l'ORGM. Ces méthodes ont permis de :

- Déterminer certains indices minéralisés en Zn et Pb, qui ont été prouvé l'efficacité des méthodes électriques.
- Vérifier et confirmer les données (anomalies) PPGM et PEC.PP(profil électrique. Polarisation provoquée) par forage et déterminer la morphologie des corps minéralisés en profondeur.
- Prospection géochimique adoptée par l'ORGM est insuffisante pour détecter toutes anomalies existantes à cause du nombre insuffisant d'échantillon.

Le gisement à Zn-Pb de Merouana représente une variante des gisements du type Mississippi Valley (MVT).

Mot clés : Merouana, carbonates aptien, minéralisation zincifère, géochimie, géophysique, type MVT.

Abstract:

The Merouana mine belongs to the wilaya of Batna, the mineralization shows a lot of analogy with the Hodna mineralizations and constitutes the best representative example of the Pb-Zn occurrences hosted in the Aptian of the entire Hodna-Belezma region.

The Merouana deposit is located on the northern slope of the Belezma mountains in the junction zone of the eastern end of the Hodna mountains, it represents the northern flank of an anticlinal structure with a Jurassic heart in a NE-SW direction.

The Merouana sector is part of the folded domain of the Atlas foreland. It is bounded in its northern part by the Mestaoua massif, which corresponds to the South-Setifian allochton, defined by Vila (1980) and in its southern part by the Batna Mountains.

The main stratigraphic series of the study area are attributed to the Lower Cretaceous, mainly comprising the Barremian and the Aptian in monocline series:

The Merouana mineralization is found in the Upper Aptian dolomitic bar, in the form of filling of cracks of various directions, generally filled with sphalerite and incidentally with galena and pyrite associated with white dolomite.

The research work carried out consisted of the compilation, processing and geophysical and geochemical interpretation of the data adopted by the ORGM. These methods made it possible to:

- Determining certain showings mineralized in Zn and Pb, have proven the effectiveness of electrical methods.

- Check and confirm the data (anomalies) PPGM and PEC.PP(electrical profile. Polarization causes) by drilling and determine the morphology and depths of the ore bodies.

- Geochemical prospecting adopted by the ORGM is insufficient to detect any existing anomalies.

The Merouana Zn-Pb deposit represents a variant of the Mississippi Valley (MVT) type deposits.

Keywords: Merouana, aptien carbonates, zinc mineralization, geochemistry, geophysics , MVT type.

الملخص

ينتمي منجم مروانة الى ولاية باتنة، ويظهر التمدن الكثير من التشابه مع تمدن منطقة الحضنة ويشكل أفضل مثال تمثيلي لتوضع الرصاص والزنك المستضاف في حقبة الأبتيان في منطقة الحضنة-بلزمة بأكملها.

يقع رواسب مروانة على المنحدر الشمالي لجبال بلزمة في منطقة التقاطع في الطرف الشرقي لجبال الحضنة، ويمثل الجناح الشمالي لبنية منحرفة ذات قلب جوراسي في اتجاه شمال شرق-جنوب.

يعد قطاع مروانة جزءاً من المجال المطوي لأرض الأطلس. يحدها في الجزء الشمالي منها كتلة مستواها الصخرية التي تتوافق مع منطقة جنوب سطيف التي حددها فيلا (1980) وفي الجزء الجنوبي منها جبال باتنة.

تُنسب السلسلة الطباقية الرئيسية لمنطقة الدراسة إلى العصر الطباشيري السفلي، وتتألف بشكل أساسي من حقبة البيريميا و الابتيان في سلسلة أحادية الميل:

تم العثور على تمدن مروانة في شريط الدولوميت العلوي في فترة الابتيان ، في شكل ملء شقوق من اتجاهات مختلفة ، مملوءة عموماً بمعدن السفاليريت وثانويا بمعدن الجالينا والبيريت المرتبط بالدولوميت الأبيض.

يتألف العمل البحثي الذي تم إجراؤه من التجميع والمعالجة والتفسير الجيوفيزيائي والجيوكيميائي للبيانات التي اعتمدها المكتب الوطني للبحوث الجيولوجية والتعدين حيث اتاحت هذه الدراسات:

- إن تحديد بعض العناصر الممعدنة في الزنك والرصاص أثبتت فاعلية الطرق الكهربائية.

- فحص وتأكييد البيانات (الشذوذ) بي بي جي ام والملف الكهربائي. أسباب الاستقطاب عن طريق الحفر وتحديد مورفولوجيا الأجسام الخام في العمق.

- التنقيب الجيوكيميائي المعتمد من قبل المكتب الوطني للبحوث الجيولوجية والتعدين غير كاف لاكتشاف أي شذوذ موجود ذلك بسبب عدم كفاية العينات المأخوذة.

يمثل مكن مروانة زنك - رصاص نوعاً مختلفاً من رواسب وادي المسيسيبي

الكلمات المفتاحية: مروانة، كربونات أبتيان ، تمدن الزنك ، جيوكيمياء ، جيوفيزياء ، نوع الميسيسيبي فالي.

Table des matières

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I : CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIE REGIONALE

I.1. Situation géographique :	2
I.2. Cadre géologique régionale des monts du Hodna :	4
I.2.1. Description lithostratigraphique des monts du Hodna :.....	6
I.2.2. Evolution paléogéographique :	9
I.2.3. Cadre structurale et tectonique :	9

CHAPITRE II : GEOLOGIE LOCALE

II.1. Introduction :	13
II.2. Stratigraphie du secteur de Tizourit et Boukhendouche :.....	15
II.3. La Tectonique :	18
II.4. Conclusion :.....	21

CHAPITRE III : METALLOGENIE

III.1- Introduction :.....	22
III.2 - Particularités de la localisation de la minéralisation polymétallique dans la région du Hodna :	22
III.4- La minéralisation de la mine de Merouana :.....	27
III.4-1-Introduction :	27
III.4.2-Interprétation des 04 sondages :.....	27
III.5.3-Pétrographie et minéralogie des minéralisations :	31
III.5.3.1-Les minéraux métalliques :.....	31

III.5.3.2 Les minéraux d'altération :	32
III.5.3.3-Les minéraux de gangues :.....	33
PLANCHE I :	35
PLANCHE II :.....	36
III.5.3.4-La succession paragenétique :.....	37

CHAPITRE IV : PROSPECTION GEOGHIMIQUE ET GEOPHISIQUE

IV-1-Méthodologie de prospection	39
IV-1-1-Travaux géologico-géophysiques	39
IV- 1- 2- Travaux géochimiques de surface.....	39
IV.1.3- Rappel sur la méthode d'analyse chimique	42
IV.1.4.Conclusion :	49
IV.2- Etude Géophysique :.....	50
IV.2-1- Introduction :	50
IV.2-5- Résultats des travaux 1999 :.....	52
IV.2-6- Travaux 2000.....	54
IV.2-7- Résultats des travaux 2000 :.....	54
IV.2.5 : Coupe géoélectrique à travers les SEV 3, 4 et 5	57
IV.2-9- Conclusion :.....	58

CHAPITRE V : MODELE DE GISEMENT

V-1-Introduction :	59
V-2- Caractéristiques générales des gisements M.V.T :.....	59
V-3- Modèle de gisement de Merouana :.....	61
Conclusion générale :	63
Références Bibliographiques :	65

Liste des figures :

Figure I - 01 : Carte de localisation de la zone d'étude (Extrait de la carte topographique et toponymique de la région de Marouana 1/250000.....	3
Figure I – 02 : Colonnes lithostratigraphique sommaires à travers les domaines structuraux et paléogéographiques allant depuis les Babors jusqu'aux Aurès	5
Figure I - 03 : Colonne lithostratigraphique de la région BATNA-AURES.....	8
Figure I – 04 : Cadre structural du Hodna-Aurès.....	10
Figure I - 05 : Carte tecto-linéamentaire des monts de Batna et des Aurès	11
Figure I - 06 : Schéma structural de l'autochtone des monts du Belezma	12
Figure II - 01 : Schéma structural simplifié	14
Figure II – 02 : Photo montrant la barre dolomitique Aptienne.....	17
Figure II - 03 : Colonnes lithologiques partielles (Aptien) de Djebel M'hasseur montrant le passage latéral de faciès	17
Figure II - 04 : Extrait de la carte géologique de Merouana au 1/50000	19
Figure II – 05 : Coupes géologiques schématiques de Boukendouch et Tizourit.....	20
Figure III 01 : A- Carte géologique et structurale de la région minière du Hodna et la position des zones minéralisées (ORGM,1987) (d'après la description de : N.Vardev d'après E .Soulidi Kondratiev, 1971, J. Bertraneu (1955), M .Kieken, R .Guiraud, Y Andreev V.Azov, J.M.Vila (1980) et M .Goussev). B- Carte de localisation des secteurs étudiés (d'après A. Popov 1968)	23
Figure III.02 : Carte géologique de l'indice de Boukendouch (à gauche) et de Tizourit (à droite) avec implantation des sondages	29
Figure III-04: Photo montrant quelques aspects microscopiques de quartz associé à la dolomie (Vue en lames minces, LP)	34
Fig. 01 : Dolomie spathique dans une cavité, associée à des cristaux de sphalérite.....	35
Fig. 02 : Cristaux de galène et de calcite dans un encaissant dolomitique.	35
Fig. 03 : Cristaux de sphalérite disséminés dans un encaissant dolomitique.	35
Fig. 04 : Calcite saccharoïde associée parfois à des géodes à remplissage limonitique.	35
Fig. 01 : Cristaux de sphalérite associés aux plages de pyrites et remplacent les cristaux de dolomies(LPA).....	36

Fig. 02 : Galène altérée en cérusite dans une gangue dolomitique (LPA)	36
Fig. 03: Smithsonite remplace partiellement la sphalérite. Celle-ci est en remplissage des fractures LPNA, ObjX10)	36
Fig. 04 : Sphalérite altérée en smithsonite (LPA, Obj.x10)	36
Fig. 05 : lame mince montrant la dolomite baroque et dolomite finement grenus remplacées par la sphalérite	37
Fig.06 : Aspect microscopique de différents types de dolomie	37
Figure IV.1.1 : Schéma géologique et plan d'échantillonnage dans le secteur de Boukhendouch (Azimut des profils 40°N)(O.R.G.M 2000)	40
Figure IV.1.2 : Schéma géologique et plan d'échantillonnage dans le secteur de Tizourit (O.R.G.M 2000)	41
Figure IV.1.3 : Les profils lithogéochimiques d'affleurement de Boukhendouch.....	44
Figure.IV.1.4 : Les profils lithogéochimiques d'affleurement n°1 d'indice Tizourit.....	47
Figure.IV.1.5 : Les profils lithogéochimiques d'affleurement n°2 d'indice Tizourit.....	47
Figure IV.2.1 : Site Merouana profil PEC PP (η a %)	53
Figure.IV.2.2 : profil PEC PP résistivité ρ_a ($\Omega.m$).....	53
Figure IV.2.3 : Carte d'anomalie de polarisabilité de Merouana.....	55
Figure IV.2.4 : Carte d'anomalie de la résistivité de Merouana	56
Figure V.1 : Distribution globale des districts et gisements (MVT)(.....	60

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Tableau synthétique de la succession para génétique des minéralisations Pb-Zn du gisement de Merouana 38

Tableau n°1 : Affleurement Boukhendouch.....42

Tableau n°2 : Affleurement n°1 de Tizourit45

Tableau n°3 : Affleurement n°2 de Tizourit46

Tableau n°4 : Affleurement n°3 de Tizourit48

Introduction générale

Introduction générale :

Le gisement de Merouana qui constitue notre secteur d'étude est situé au NW de la ville de Batna, il s'agit d'une minéralisation Zn-Pb encaissée dans des roches carbonatées datées de l'Aptien. Les premiers travaux de recherche dans cette région remontent en 1907 et se terminent par ceux réalisés par L'ORGM en 2000-2001.

Pour ce faire, nous avons structuré cette étude de la façon suivante :

Chapitre I : Une étude géologique pour situer les secteurs d'étude dans le cadre géologique régional à partir de la stratigraphie, de l'évolution paléogéographique et du cadre structural et tectonique.

Chapitre II : Décrit la géologie locale de la région de Merouana.

Chapitre III : L'étude des minéralisations polymétalliques de la mine de Merouana s'est principalement basée sur les données disponibles dans les documents bibliographiques notamment les thèses et mémoires universitaires dont les références sont citées dans les différents chapitres du mémoire et récapitulées dans la rubrique «références bibliographiques»

Chapitre IV : La compilation et le traitement des données de prospection géochimique et géophysique.

- Prospection géochimique : L'étude des correspondances entre les différentes anomalies des indices de Zn, Pb dans la région de Merouana à partir de les données d'ORGM.
- Prospection géophysique : A l'aide des travaux d'essais programmés par l'ORGM (des sondages électriques) sur le site de Merouana ayant pour objectif de vérifier certains indices minéralisés en Zn, Pb et Cu, ont prouvé donne bon résultat.

Chapitre V : Une comparaison entre les gisements de Merouana et les gisements de type MVT, pour cerner les conditions de mise en place de la minéralisation.

L'ensemble de ce travail s'achève par une conclusion générale et certaines propositions sur d'éventuels travaux à réaliser afin de mieux cerner les caractéristiques de ce gisement.

Chapitre I :

Cadre géographique et géologie régionale

I.1. Situation géographique :

La mine à Zn-Pb de Merouana se trouve près du village "Ali Annmer", situé à 5 Km au Sud de la ville de Merouana et à 45 km au NW de Batna (**Figure I – 01**).

Le gisement est localisé sur le versant nord des monts de Belezma dans la zone de jonction de la terminaison orientale des monts du Hodna avec la partie SW des monts de Belezma. Ses coordonnées Lambert sur la carte topographique de Merouana (1/50000) sont :

➤ 35° 37' 37" N

➤ 5° 54' 29" E

Dans cette région :

- **Le réseau hydrographique** : est représenté par un système de nombreux Oueds Fortement enfouis, dépourvus de cours d'eaux permanent et se dessèchent en été. La plupart des puits d'eau potable se trouvent sur la périphérie des nappes du Quaternaire aux pieds des massifs montagneux. Les chotts marécageux servent de bassins d'accumulation d'eau et d'importantes masses vaseuses.

- **Le climat** : est continental, avec un été long très chaud, sec et un hiver froid, pluvieux et venteux. La température oscille entre 8 à 15 °c en hiver et 20 à 40°C en été.

- **La végétation** : est représentée principalement par la broussaille couvrant ainsi les versants des collines les montagnes sont couvertes. Parmi les plantes forestières, on distingue les pins d'Alep, cèdres et les broussailles.



Figure I - 01 : Carte de localisation de la zone d'étude (Extrait de la carte topographique et toponymique de la région de Marouana 1/250000).

I.2. Cadre géologique régionale des monts du Hodna :

Les monts de Hodna forme une chaîne assez bien individualisée, sauf à son extrémité est, où la morphologie est plus morcelée et où l'on passe aux courts chaînons des hautes plaines constantinoises. Elle borde, au Nord, la vaste dépression du Chott el Hodna correspond à la terminaison orientale de la zone plus ou moins plane des hauts plateaux Algériens, venus disparaître en forme biseau entre : atlas tellien et atlas saharien ces deux atlas tendent à se fondre ensemble au-delà des monts de Hodna, pour donner des chaînes de direction saharienne mais de faciès mixtes : Belezma et Aurès. (J. Glaçon.1967) (Figure I – 02).

La chaîne alpine d'Algérie orientale est constituée par la superposition de plusieurs types de séries définissables en général du Trias au Miocène. Les grands ensembles structuraux se subdivisent en trois grandes familles qu'on peut distinguer du Nord vers le sud et qui sont d'origine interne, médiane et externe (Vila, 1980).

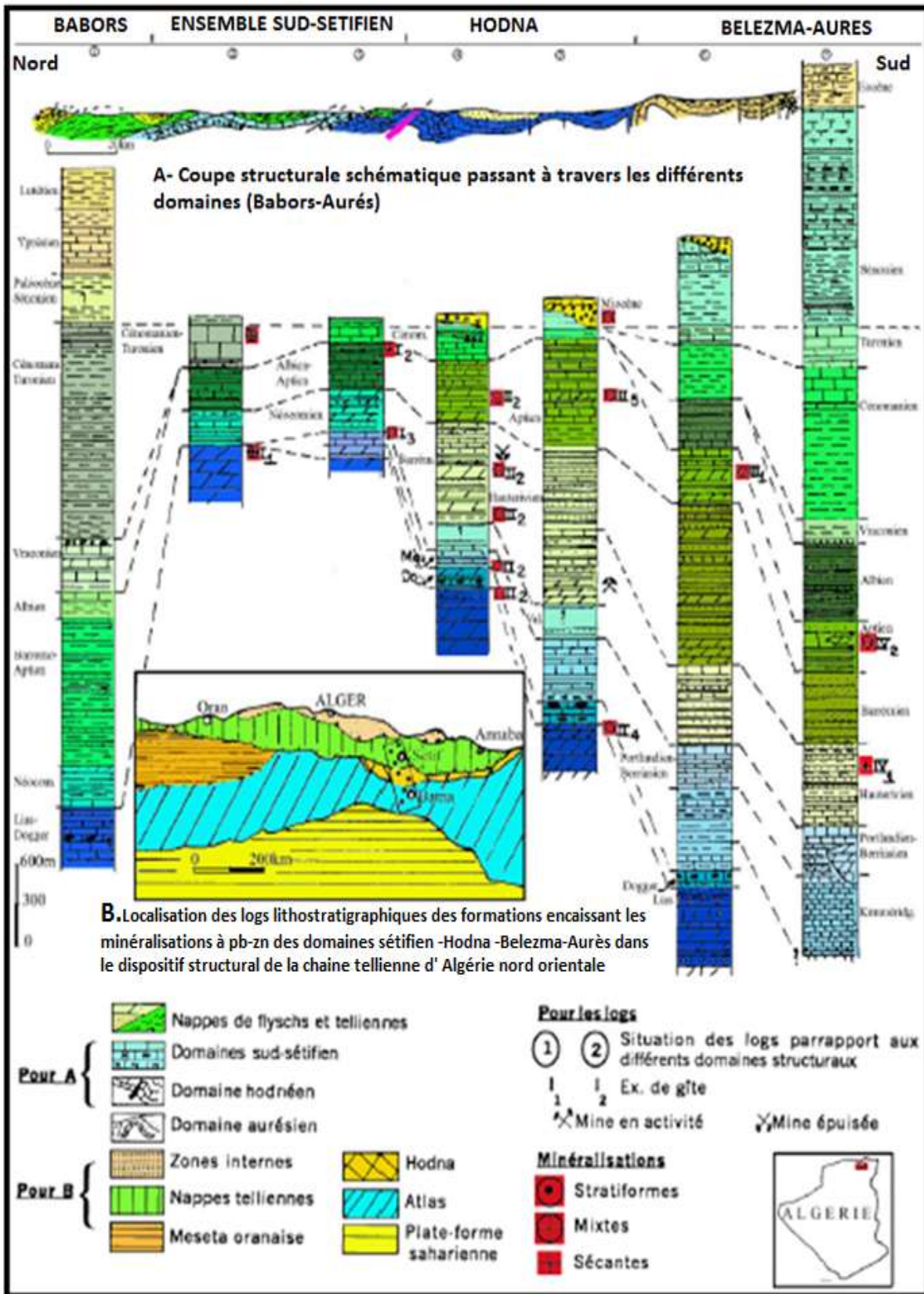


Figure I – 02 : Colonnes lithostratigraphique sommaires à travers les domaines structuraux et paléogéographiques allant depuis les Babors jusqu'aux Aurès. (Boutaleb, 2001)

I.2.1. Description lithostratigraphique des monts du Hodna :

D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs géologues et en particulier par Laffitte (1939) in Belkhiri (2006), les terrains les plus anciens sont attribués au trias et les plus récents au Quaternaire. (Figure I – 03).

I.2.1.1. Trias :

Le trias affleure toujours en position anormale, il est formé de pointements diapiriques nombreux jalonnant les accidents tectoniques (para-autochtone) constitué surtout de marne argile vari colore, de gypse d'anhydrite accompagnés souvent de masse dolomitiques de couverture dans l'Aurès ; monts de Belezma - Batna au Dj Tuggurt et Dj Kesserou.

I.2.1.2. Jurassique :

Il est représenté par une épaisse série de calcaire, de dolomies et calcaro-dolomitiques indifférenciés. Il affleure au Nord-Ouest vers Dj-Tuggurt (le seul affleurement existant dans le terrain), et atteint environ 300 mètres d'épaisseur. Le Jurassique moyen (Aalénien) est constitué par une série d'alternance ; de dolomies, de calcaire et de marne avec des gypses. Le seul affleurement apparaît dans les monts de Belezma (Dj-Tuggurt) sur une épaisseur de 70 mètres environ. Au Djebel Ketaf-Deba, Sud de Ain-Touta, le Jurassique est constitué d'une 15 mètres d'épaisseur d'une alternance des calcaires noduleux et des marnes.

I.2.1.3. Crétacé :

Le crétacé a été subdivisé par Laffite (1939) in Belkhiri (2006) en Crétacé inférieur ou série gréseuse (Berriasien à l'Albien) (2000 m) et en Crétacé supérieur ou série marnocalcaires (Cénomaniens à Maestrichtien) (3000 m).

I.2.1.4. Paléogène :

Le paléogène marin, au Danien marin succèdent en concordance, des couches marines, marno-calcaire, dans lesquelles, latéralement, en certain points, s'intercalent des couches lacustres et des couches rouges d'origine lagunaire ou plutôt continentale, mais il s'agit là de conditions exceptionnelles de l'Eocène inférieur (Y présien) et l'Eocène moyen (Lutétien) sont essentiellement marin.

I.2.1.5. Néogène :

Dans les limites de la partie centrale des Aurès, les dépôts Néogènes sont représentés surtout par des conglomérats du Miocène, qui sont remplacés vers le Sud par des formations marines normales (calcaires, marnes et gypse).

Dans les zones synclinales, les conglomérats et les poudingues du Miocène sont concordants avec les formations sous et sus-jacents. Dans les zones anticlinales, les dépôts recouvrent avec une forte discordance les roches les plus anciennes. L'épaisseur totale des formations est de 250 à 300 m.

I.2.1.6. Quaternaire :

Les dépôts quaternaires recouvrent le majeur parti des plaines. Ce sont des éboulis et des terrasses qui constituent de larges nappes alluviales d'une épaisseur considérable. Le recouvrement de la plaine de Ain-Touta est formé par un matériel très homogène : argile, limons, gravier et galets calcaires (enrobés dans du matériel sablo argileux) d'épaisseur variable n'excédant pas 30 à 40 mètres au centre de la plaines.

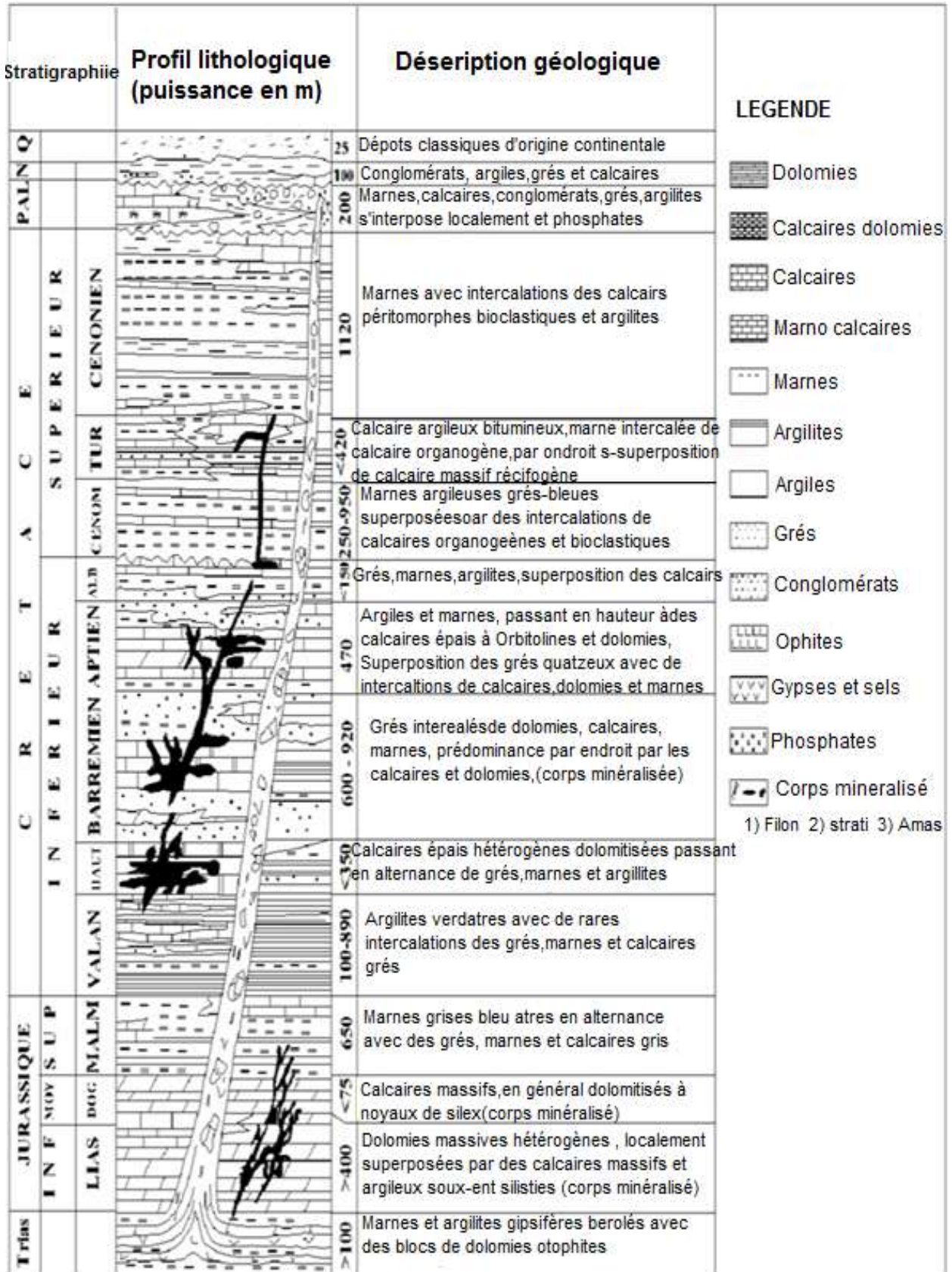


Figure I - 03 : Colonne lithostratigraphique de la région BATNA-AURES (ORGM 2003, Vila, 1970 ; Kozlov, 1971 ; Azov, 1984)

I.2.2. Evolution paléogéographique :

Les gîtes du Hodna sont localisés à la limite paléogéographique plate-forme peu subsidente - bassin subsident. Ils sont inclus dans une série mésozoïque qui s'épaissit vers le bassin. La série mésozoïque de la région de Ain Azel change d'épaisseur d'Ouest en Est surtout pendant le Jurassique (environ 350 m à l'ouest pour 150 m à l'est). Les milieux de sédimentation des niveaux porteurs sont variés :

- Inter à supratidaux à tendance évaporitique pour les dolomies infra-toarciennes (Ain Kahla, Gouzi, Debba) ;
- Infra à intertidaux pour les calcaires dolomités et dolomies porteuses des
- Minéralisations de Chabet El Hamra et de Kherzet Youssef .
- Sédiments néritiques pour la barre aptienne.
- Fin de séquences régressives et discontinuités (Boutaleb. A 2001)

I.2.3. Cadre structurale et tectonique :

- **Cadre structurale :**

A l'échelle régionale, les concentrations sont réparties dans un contexte tectonique caractérisé par l'existence probable de failles synsédimentaires de directions est-ouest, N 105 à 140 et NE-SW qui auraient joué un rôle important dans l'individualisation de petits bassin en blocs basculés (Guiraud, 1973 ; Kazi Tani, 1986 et Bureau, 1986) et introduisant par conséquent dans les sédiments des variations d'épaisseur notables ou des lacunes. La projection des gîtes à Pb-Zn sur le schéma structural de la région Hodnéen, permet de mettre en évidence un "trend Métallogénique" qui se calque sur la direction majeure NW-SE, ou des sortes de "nœuds" à la croisée les directions NW-SE et NE-SW.(Figure I – 04).

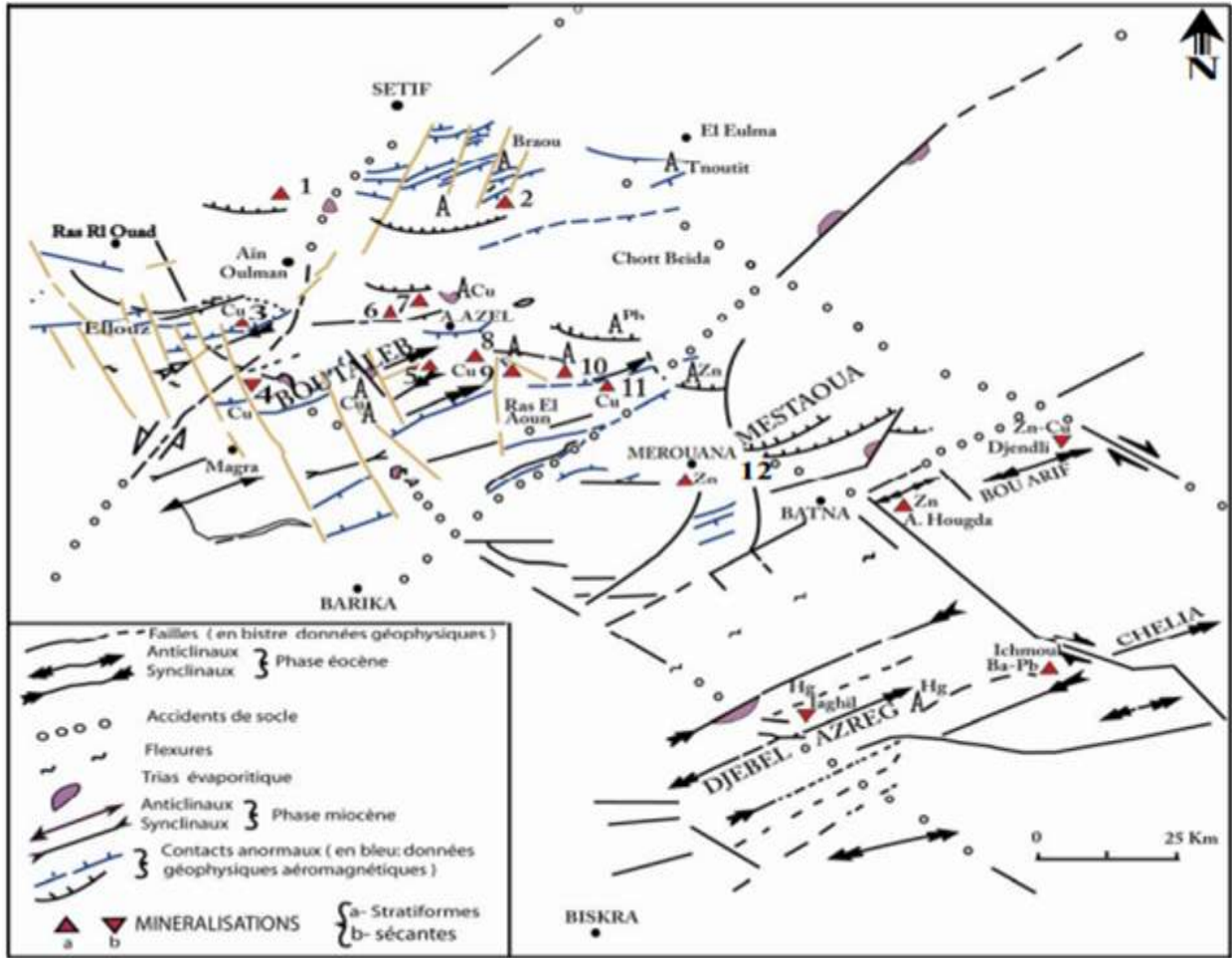


Figure I – 04 : Cadre structural du Hodna-Aurès (Boutaleb, 2001)

• **La tectonique :**

Les mouvements différentiels des sous-sols se sont fait sentir dans toute la région depuis le crétacé jusqu'au quaternaire. Le champ des contraintes a relativement varié en direction, dans l'espace et dans le temps. La région de Batna a été le siège d'une tectonique assez complexe surtout dans la partie septentrionale de la région, la tectonique prédominante est la tectonique Atlasique ayant abouti à des structures anticlinales de même que les grandes fractures présentant de direction SW-NE. (Figure I – 06).

La présence des séries compétentes ; constituées par des calcaires et dolomies qui présentent des formations résistantes, amène l'existence d'une tectonique cassante indiquée par des « horstes » et zones d'effondrement (Lambiridi-AinTouta).

La présence des séries incompétentes ; à dominante « Marneuse » et argileuse donnant des bombements anticlinaux et des plis a faible rayon de courbure. Le secteur étudié est limité du

point de vue structural, de base, par l'ensemble allochtone Sud-Sétifien au Nord, et au sommet par l'ensemble para autochtone et autochtone au Sud (Belkhiri, 2006).

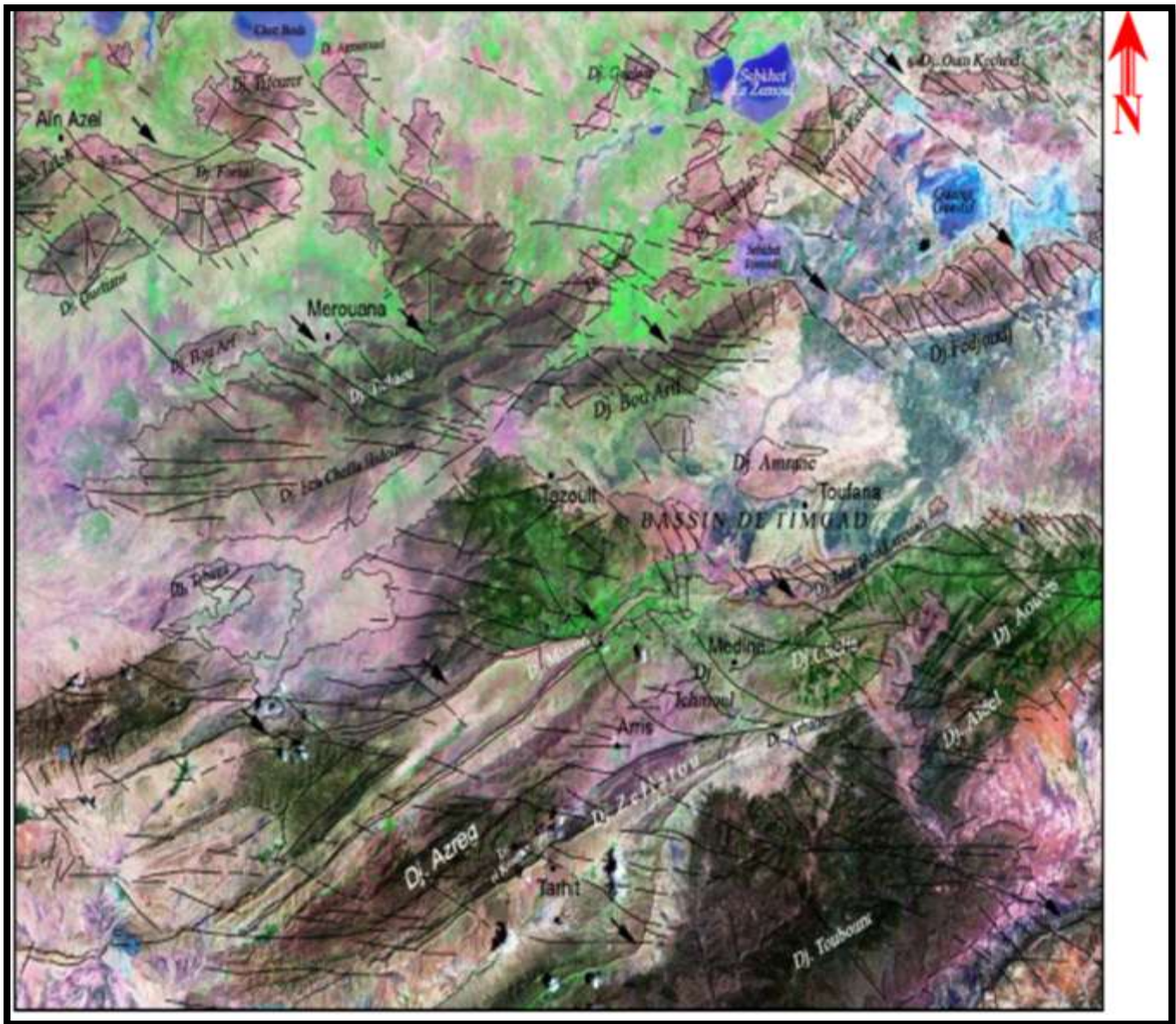


Figure I - 05 : Carte tecto-linéamentaire des monts de Batna et des Aurès (Haddouche et al 2011)

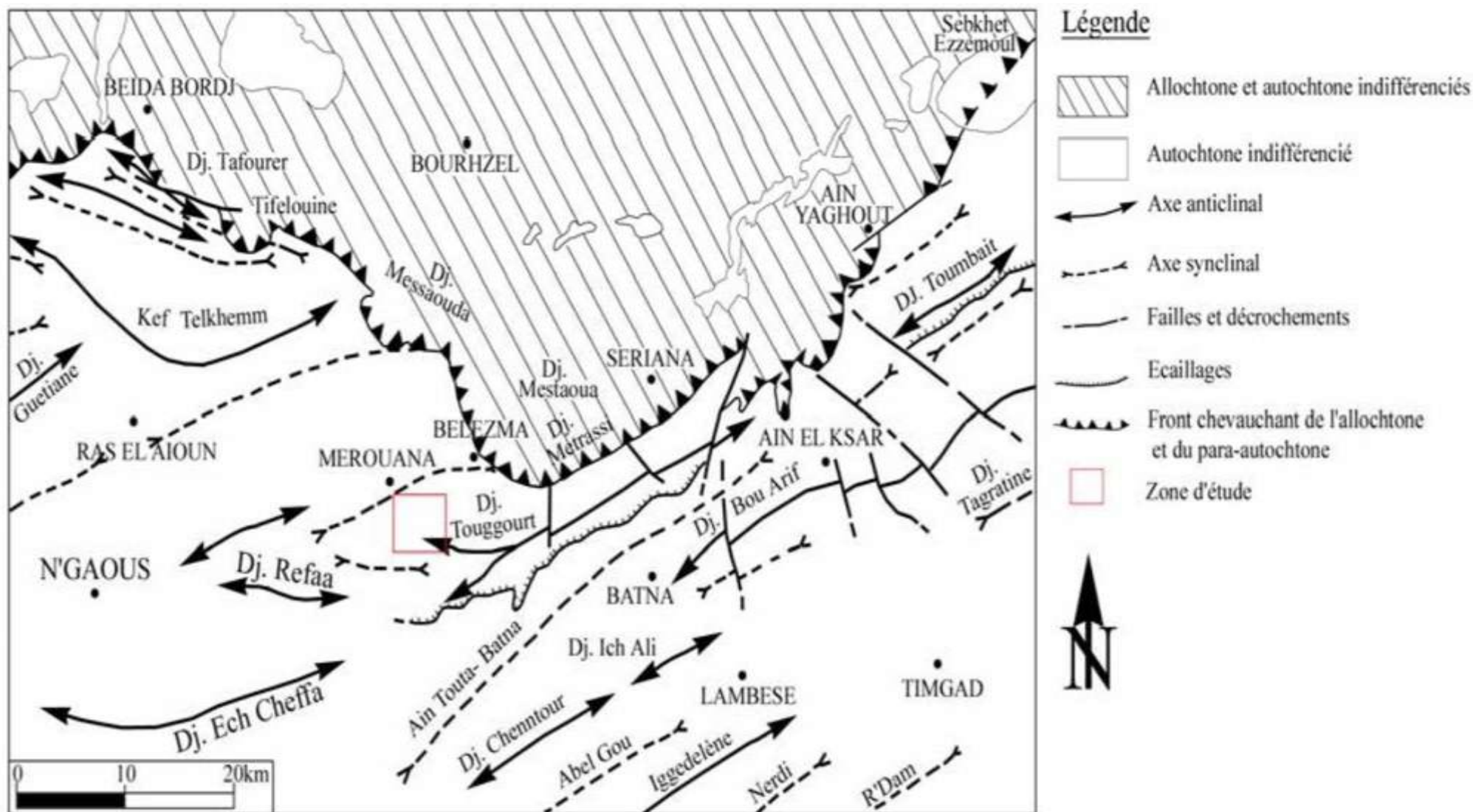


Figure I - 06 : Schéma structural de l'autochtone des monts du Belezma (d'après J.M. Vila 1980).

Chapitre II :

Géologie locale

II.1. Introduction :

La région de Merouana (Corneille) constitue un domaine structural qui fait la jonction entre les nappes de la chaîne alpine d'Algérie orientale au Nord et du domaine atlasique au Sud, connue sous le nom d'ensemble sud sétifien.

La structuration s'est effectuée en plusieurs phases liées à l'évolution géodynamique générale de la chaîne alpine d'Algérie orientale.

Cette région est essentiellement constituée par deux ensembles montagneux très différents qui séparent deux dépressions d'importance inégale : la plaine du Belezma d l'Ouest et la plaine de Sérrana {Pasteur} à l'Est (Figure II – 01).

L'ensemble montagneux septentrional correspond aux massifs du Dj. Messaouda (1424 m) et surtout du Dj. Mestaoua (1621m). Ce sont de vastes entablements calcaires subhorizontaux et dénudés inclinés en pente douce vers le Nord où leurs formations vont s'envoyer progressivement sous le Quaternaire de la feuille de Bourhzel.

Les montagnes méridionales développées du Sud de Merouana au Sud de Sériana correspond à une haute sierra qui atteint 1949 m au Ras Tarbat.

La feuille de Marouana permet d'observer de nombreux recouvrements anormaux Les plus spectaculaires sont visibles dans le quart nord-ouest de la feuille autour du Djebel Messaouda et dans le couloir de Sériana à oued el Ma sépare le Djebel Mestaoua de l'anticlinal du ravin bleu.

Du Nord vers le Sud et le haut en bas l'empilement des unités est le suivant :

- a) L'unité de djebel Mestaoua
- b) L'unité de djebel Messouada
- c) L'unité en série renversée du djebel el Guelaa et du kern el Begnoun
- d) Les écailles d'Oum el Aioun, du Teneit oum el Aroug et de djebel Métrassi
- e) L'anticlinal du ravin bleu.

Dans Cet ensemble a et b correspondent à la frange méridionale de l'ensemble allochtone Sud-Sétifien, c et d correspondent à un ensemble parautochtone à faciés Aurésiens, e est le premier grand pli aurésien,

Les Djebels Mestaoua et Messaouda possèdent en effet un Jurassique moyen supérieur carbonaté épaisse caractéristique des séries de plates-formes du constantinois.

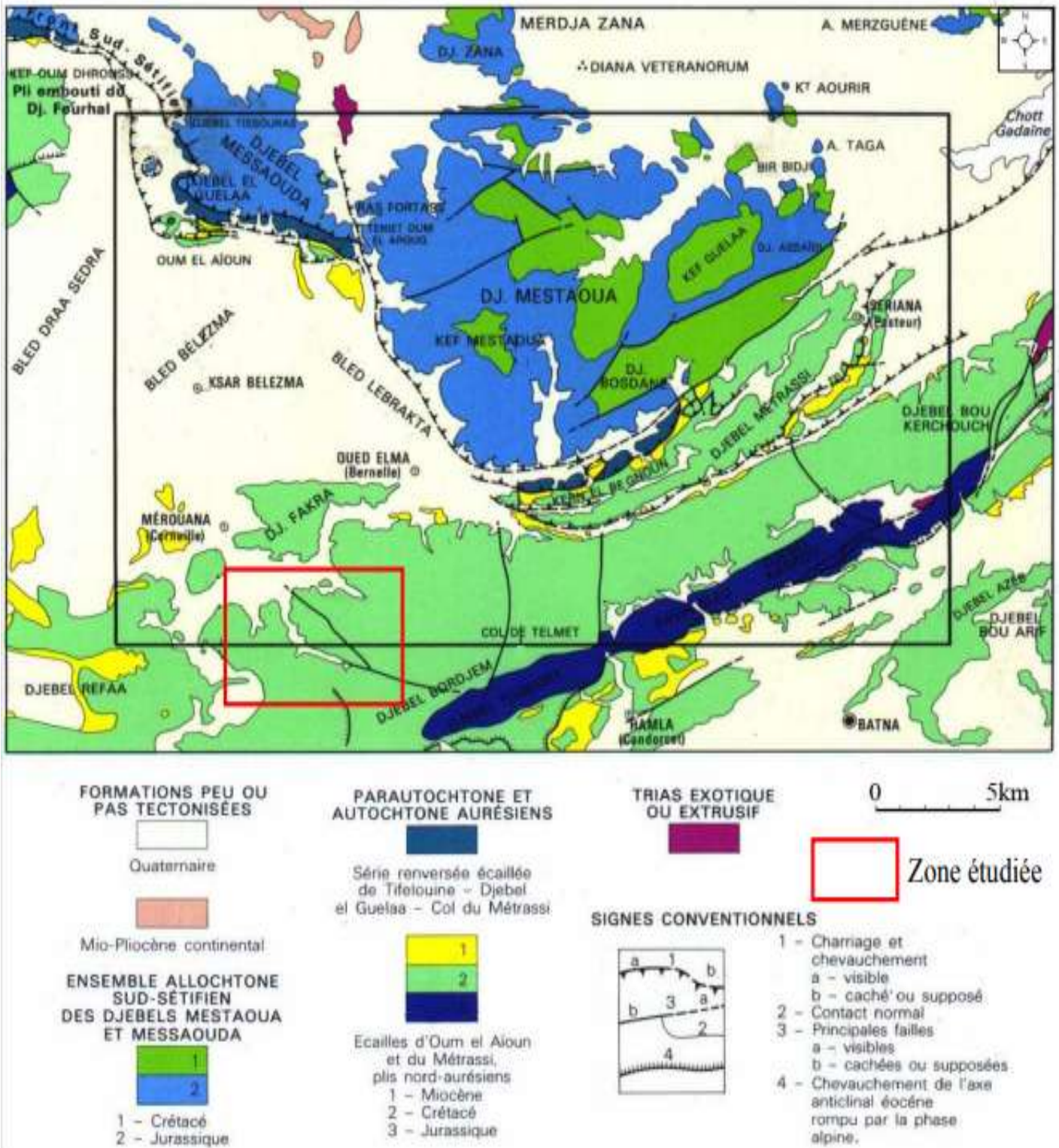


Figure II - 01 : Schéma structural simplifié (Extrait de la carte géologique de Merouana au

1/50 000, d'après J.M. Vila, 1977)

II.2. Stratigraphie du secteur de Tizourit et Boukhendouche :

Les principales séries stratigraphiques du secteur d'étude sont attribuées au Crétacé inférieur, comprenant essentiellement l'Hauterivien, le Barrémien, l'Aptien en série monoclinale et enfin l'Albien.

II.2. 1. Hauterivien : Les dépôts de cet étage, qui n'ont pas reçu un large développement sur la surface du gisement, sont représentés par des dolomies, peu puissantes de calcaires, marnes et grès, L'épaisseur des formations hauteriviennes est de 450 m.

II.2. 2. Barrémien : Dans le secteur d'étude, les limites du Barrémien sont difficiles à tracer, vu les troncatures tectoniques affectant cette série, ainsi que l'absence de marqueurs stratigraphiques précis.

L'essentiel de la série barrémienne affleure dans la partie Sud du djebel M'hasseur au Sud-Ouest de la mine de Merouana avec des calcaires en petits bancs des marnes et des grès en alternance régulière. Ce barrémien est mieux défini par J.M. Vila (1977), il est calcaro-dolomitique et surtout gréseux au sommet, atteignant environ 230m d'épaisseur.

II.2. 3. Aptien : La série aptienne est marno-calcaire au Djebel Boukendouch par contre au Djebel Tizourit et au Djebel M'hasseur, elle est plutôt marno-gréso-carbonaté. (Figure II-02).

- ✓ **Aptien inférieur :** La série aptienne inférieure affleure sur environ 160 m montrant de bas en haut :
- Une combe marneuse de 5 à 6 m surmontée par une alternance marno-calcaire à passées dolomitiques, en plaquette, avec des cassures conchoïdales et des bioturbations en surface témoignant ainsi d'une tendance à l'émersion.
 - Sur 60 m, une alternance marno-gréseuse montre des grès roux parfois blancs se présentant en bancs.

Ces dépôts de l'Aptien inférieur témoignent d'un milieu subtidal passant au sommet à un milieu intertidal représenté par des grès. La série marno-gréso-carbonatée de l'Aptien inférieur se termine par une trentaine de mètres de marnes à intercalations de bancs métriques de dolomies grises à grains moyens, en lame mince il s'agit d'une dolosparite à faible fraction détritique.

✓ Aptien supérieur

Série est principalement calcaire au Djebel Tissoures et au Djebel Boukendouch, et montre un passage latéral de la série calcaire du Djebel M'hasseur sud vers les dolomies du Djebel M'hasseur Nord

Cette formation débute par un banc de 2 à 5m de calcaires à petites huitres et nombreuses Orbitolines, surmonté par une barre dolomitique d'une vingtaine de mètres minéralisée en Pb-Zn constituant la base de l'Aptien carbonaté (supérieur) (Vila, 1973) ; (Figure II-02).

Au-dessus, 2 à 3 mètres de marnes, représenté au Djebel Tizourit par des shales de 1 mètre d'épaisseur, ces marnes sont surmontés par la série caractéristique de l'Aptien, ayant une épaisseur de 50 à 70 mètres et présentant des bancs décimétriques à métriques de calcaires; des fissures ainsi que des géodes de calcite tapissent la surface de ces bancs.

La série aptienne s'achève par des bancs de grès, leur épaisseur atteint une dizaine de mètres, attribués par (Vila en 1973), à l'Albien. L'épaisseur totale de la série atteint 115 mètres environ.

II.2. 4. Albien : Il est représenté par une série d'environ 160 m d'épaisseur constituée par une alternance de grès blancs, ferrugineux, et de marnes de teinte beige à verdâtre.

II.2. 5. Quaternaire : Les dépôts quaternaires sont développés en bordure des massifs montagneux (terrasses) qui se caractérisent par leur extension peu considérable et par leur faible puissance (de 1 à 5 m).

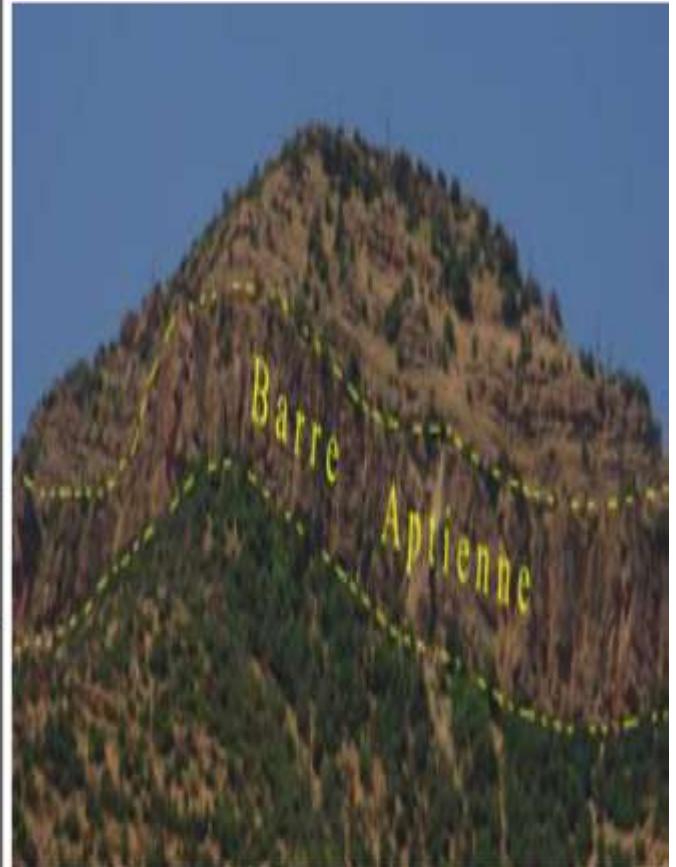
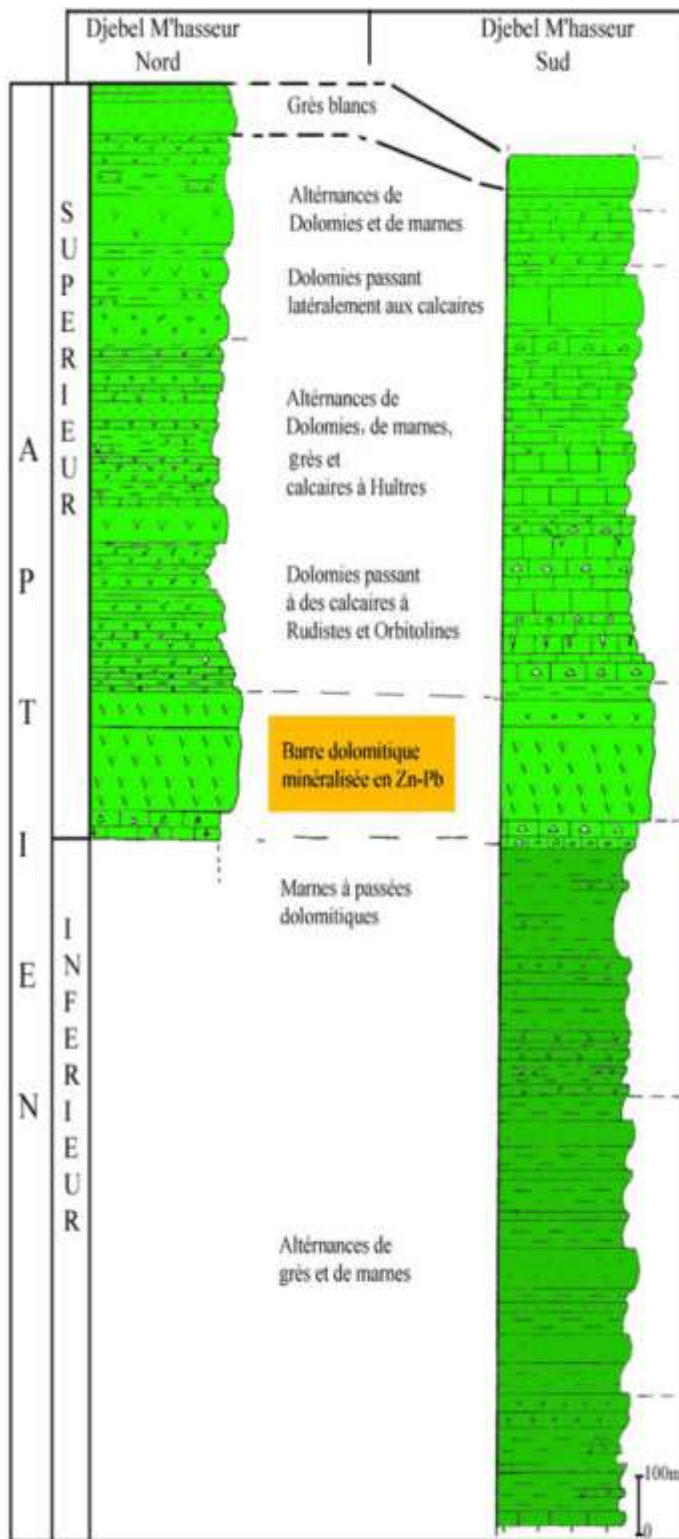


Figure II – 02 : Photo montrant la barre dolomitique Aptienne (Bara .M - 2014) .

Figure II - 03 : Colonnes lithologiques partielles (Aptien) de Djebel M'hasseur montrant le passage latéral de faciès (Boutaleb 2001).

II.3. La Tectonique :

Le secteur de Merouana occupe la partie Nord-Ouest de l'anticlinal de Belezma, la structure tectonique montre que la position du gisement est un pli de direction NW-SE (SONAREM, 1967) dont l'axe plonge vers le Nord de 20° à 30° conformément au pendage des séries stratigraphiques. Ce dernier semble former la terminaison du grand anticlinal du Belezma dont l'axe s'incurve dans sa partie occidentale vers le Nord-Ouest (Figure II – 05).

Les failles sont essentiellement représentées par deux grandes familles, de directions conjuguées. (Figure II – 06) :

- La direction WSW-ESE subparallèle à l'axe de l'anticlinal du Belezma, Ces formations ont subi des contraintes tectoniques marquée par des fractures de direction NW-SE et des plissements de direction NE-SW
- La direction NW-SE, ce sont des failles normales décrochantes, kilométriques et structurant le noyau du petit anticlinal en plusieurs blocs effondrés engendrant morphologie actuelle du secteur.

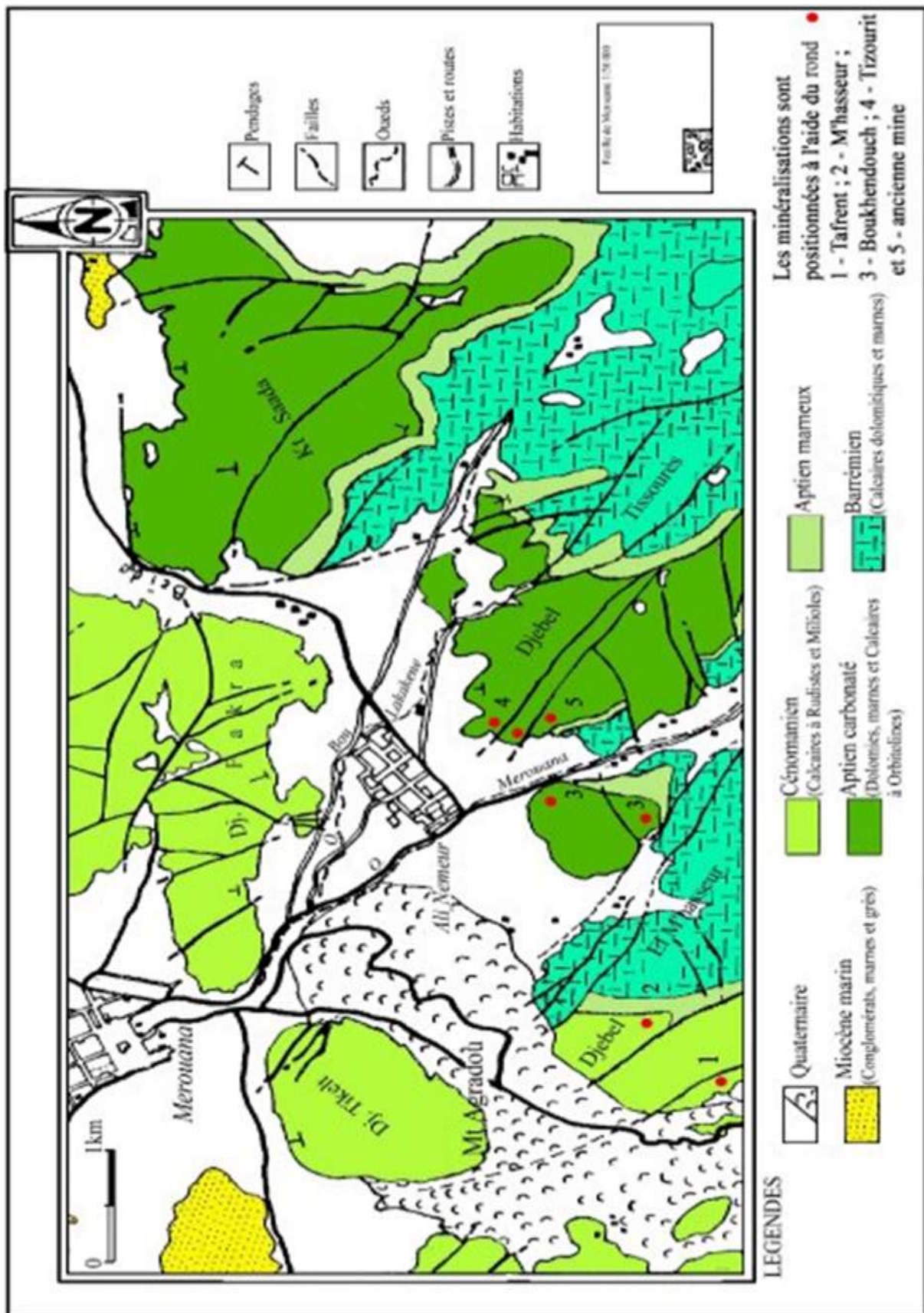


Figure II - 04 : Extrait de la carte géologique de Merouana au 1/50000 (d'après Vila, 1973)

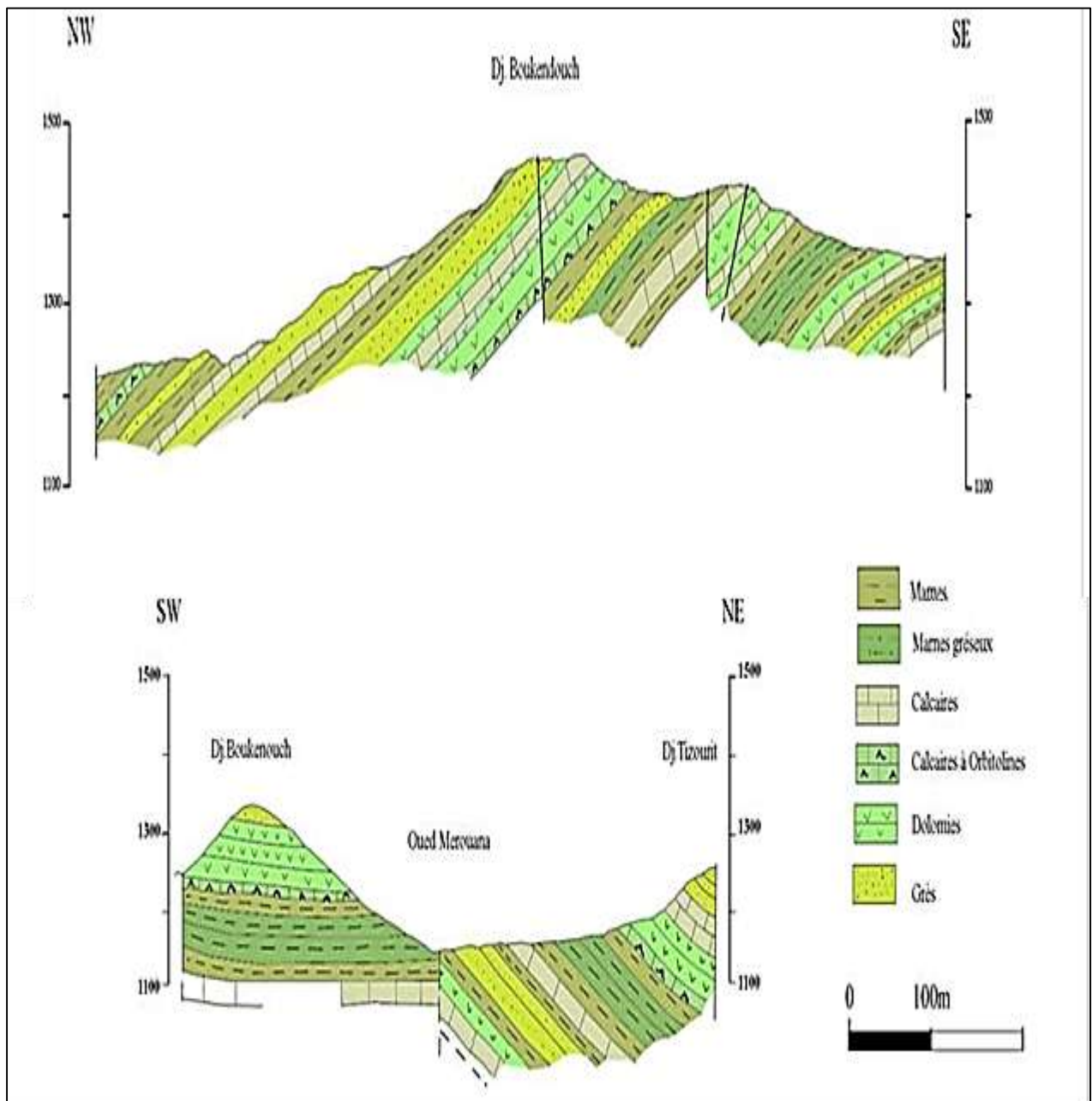


Figure II – 05 : Coupes géologiques schématiques de Boukendouch et Tizouit

(Bara.M 2014)

II.4. Conclusion :

Dans la région de Merouana, les formations sont essentiellement d'âge Barrémien affleure dans la partie Sud du Djebel M'hasseur M'hasseur avec des calcaires en petits bancs des marnes et des grés . l'aptien est constitué par deux termes :

- ❖ L'Aptien carbonaté dont le sommet est caractérisé par des calcaires à *Oovalveolina reicheli*
- ❖ L'Aptien moyen à dominante marneuse, contient des niveaux dolomitiques minéralisés.

Le secteur de Merouana occupe la partie Nord-Ouest de l'anticlinal de Belezma, Ces formations ont subi des contraintes tectoniques marquée par des fractures de direction NW-SE et des plissements de direction NE-SW.

Chapitre III :

Métallogénie

III.1- Introduction :

Le Nord de l'Algérie appartient à la province alpine mésogéenne, qui couvre la chaîne bétique du sud de l'Espagne et le Nord du Maroc. Cette province présente un très grand nombre de minéralisations Pb-Zn et polymétalliques. En Algérie du Nord, un socle ancien (Hercynien) affleure dans les Massifs de la Grande et Petite Kabylie, de l'Edough, et au cœur des horsts du domaine des Hauts Plateaux.

Les principales minéralisations sont stratiformes de type Mississippi Valley (Pb-Zn), filoniennes polymétalliques de type épithermal, mésothermal, ou péri-granitiques dans le socle (skarns, greisen, etc.).

La localisation stratigraphique des cycles carbonatés encaissant les minéralisations stratiformes de Pb, Zn, et leur relation avec les domaines paléogéographiques, montrent une corrélation avec les périodes d'instabilité et de régression correspondant aux phases majeures des mouvements épirogéniques au cours du mésozoïque et cénozoïque.

Dans les Monts de Belezma, la quasi-totalité de la minéralisation est encaissée dans les niveaux carbonatés de l'Aptien, le meilleur exemple est « le gîte de Merouana ». (Figure III.01-A et B)

III.2 - Particularités de la localisation de la minéralisation polymétallique dans la région du Hodna :

Le Hodna de par sa grande extension (environ 120 km d'Est en Ouest et 50 km du Nord au Sud) recèle les minéralisations à Pb-Zn en milieu carbonaté les plus économiques du NE Algérien. Elle renferme plus de 50% des indices de Pb-Zn connus et totalisent une accumulation métal (Pb + Zn) de l'ordre de 3 Mt (réserves + extraction) (Bara M. 2014). Les gisements économiques sont localisés dans la région d'Ain Azel qui renferme plusieurs gîtes stratiformes dont les plus importants sont Ain Kahla, Kherzet Youssef à l'Ouest et Gouzi, Debba et Chaabet El Hamra au Sud-Est (Figure III .01-A)

Bien que tous les gîtes de ce district soient connus depuis la fin du siècle dernier, pas mal d'études anciennes et récentes ont été réalisées sur la région (J.Glaçon, 1967, A.Popov, 1968, A. Henni, 1984, B.Touahri, 1987, A.Khaldi, 1987, A.Boutaleb 2001, M. Bara 2014, O. Haddouche et A. Boutaleb 2016...).

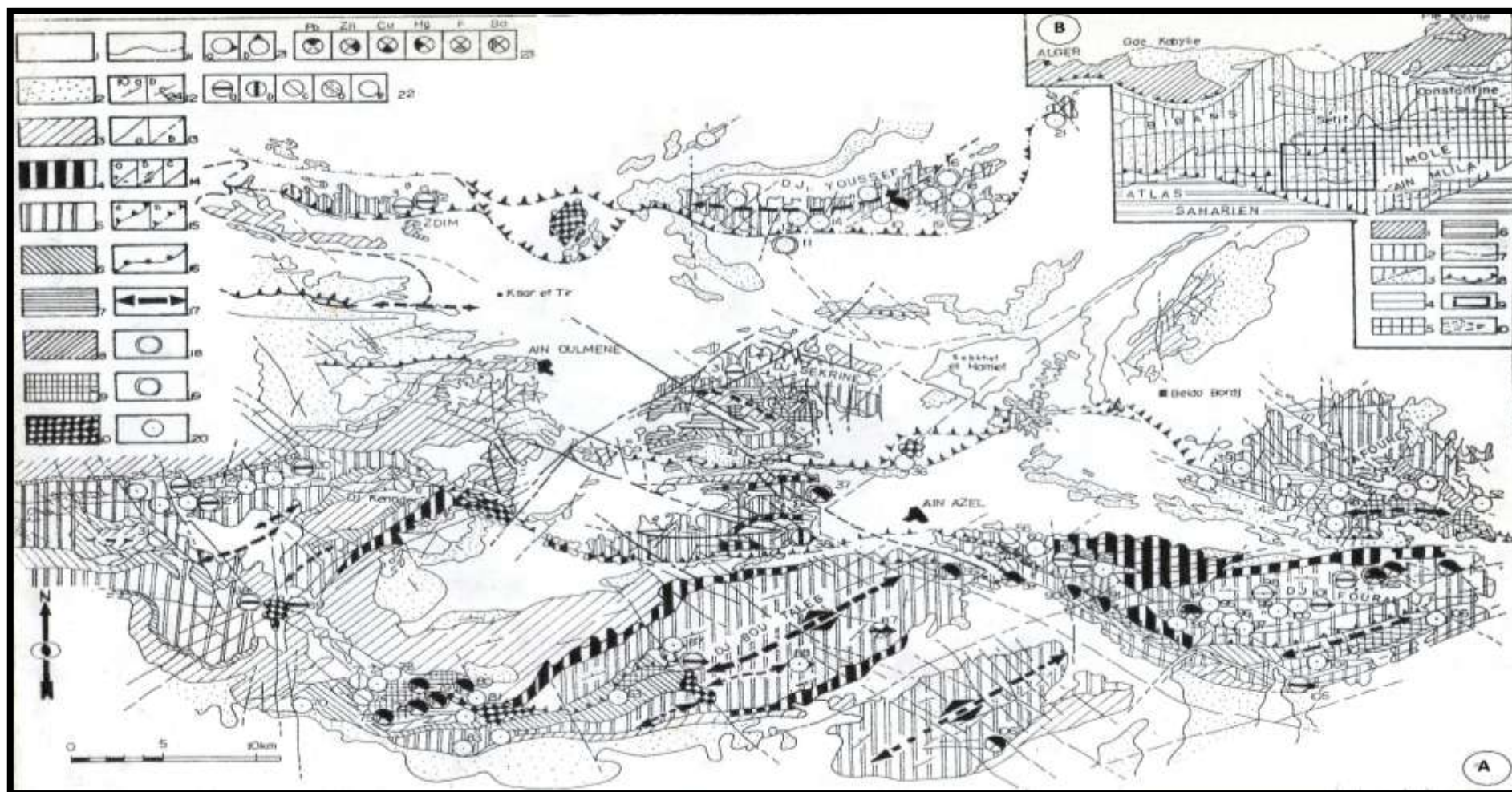


Figure III 01 : A- Carte géologique et structurale de la région minière du Hodna et la position des zones minéralisées (ORGM,1987) (d'après la description de : N.Vardev d'après E .Soulidi Kondratiev, 1971, J. Bertraneu (1955), M .Kieken, R .Guiraud, Y Andreev V.Azov, J.M.Vila (1980) et M .Goussev). B- Carte de localisation des secteurs étudiés (d'après A. Popov 1968)

La légende de la Figure III-1. A :

1 - Quaternaire limons : argiles , sables , conglomérats, 2 - Néogène – paléogène : argiles , marnes avec des inter lits de calcaire grés, 3- Crétacé supérieur : marnes , argiles , argilites , calcaires, 4-6 - Crétacé inférieure : 4- Albien : argiles ,calcaire , marnes et calcaire argileuse , grés calcaires, 5 - Aptien- Barrémien : calcaire ,calcaires dolomitique , et gréseux avec des inter lites de calcaire argileux, 6 -Valanginien – Berriasien : marnes et argiles avec inter lits de grés et de calcaire, 7 - Malm : calcaires dolomitiques , aridités , calcaires argileux , calcaires récifaux marnes et argiles, 8 - Dogger : calcaires finement lités avec concrétions de silex, calcaires argileux et marnes, 9 - Lias : dolomies et calcaires massif dolomitiques vers sommet, marnes, argiles , calcaires argileux , Toarcien, 10 - Trias : marnes salifères et gypsifères variolées, argiles , grés, 11 - Limites géologique . 12-19 - éléments structuraux : 12 - Pendages : a) marneux. b) renvergés, 13 - Failles ; a) principale b) locale, 14 -Failles d'après les particularités cinématiques ; a) décrochement b) décollement c) soulèvement, 15 – chevauchement ; a) certains b) supposés, 16 – décollement, 17 - Axes de l'anticlinale 18-20 - importance et numérotage des objectifs minéralisés : 18 - gisements moyens, 19 - gisements petites, 20 – indices, 21 - type de minéralisation : a) galène , blende . b) blende, galène associée à la barytine, 22 - morphologie des gites ; a) gites stratiformes b) gites à lentilles c) filoniens d) zones filoniennes, 23 - composition en élément essentiels du minerai ; a) plomb b) zinc c) cuivre d) mercure e) fluorine f) barytine.

Listes de gisements et indices de minerai :

1- M Zaret Oum el Atche , 2- Zdim , 3- Chouf mahdi , 4- Zdim Sud , 5- Koudiat Taga , 6- kef el Ahmar Nord, 7-Kef el Ahmar, 8-Kef el Ahmar Est, 9-Seba, 10-Seba Est , 11-Dra Sta, 12-Teniet el Daas Ouest, 13- Teniet el Daas Nord, 14-Teniet el Daas Est, 15-Sekkaken Ouest, 16-Sekkaken, 17-Sekkaken Est, 18-la Fontaine, 19-Gustar, 20-Grill, 21-Braou, 22-Tnoutit, 23-Safiat el Beida, 24- Teniet ben Harrouk, 25- Chaouafete, 26- Akbet el Atch Ouest, 27-Akbet el Atch, 28- Argoub el batha, 29-Ain Raffah Sud, 30-Ain Raffah Nord, 31-El Louz, 32- Menzou, 33- Kennder, 34-Sekrine, 35-Draa el Maiz, 36-Koudiat el Bassour , 37- Kherzet Youssef, 38-Ain Kahla, 39-Aoum Hellah .40-Azerbim, 41-Mahdjouba Nora, 42- Teguelta. 43-Tartaouts Ouest, 44-Tartaouts Est, 45-Anou, 46- Senouber, 47-Hamla Nord, 48-Kef el Abiod, 49-Hamla, 50-Akhennchoub, 51-Djemel, 52-Trian, 53-Draa el Argoub, 54-Smoumi, 55- Chabet el Hamra, 56-Gouz Nord, 57-Gouzi, 58-Gouzi Sud, 59-Menes , 60-Azmer, 61-Annza Bahloul Ouest, 62- Annza Bahloul, 63-Anza Bahloul Est, 64-Chouf el Riem, 65-Fourhal, 66-Fourhal Est, 67-Fourhal Ouest, 68-Mechta el Krouf (Bouciss), 69-Safiet el Kohi (Dzoli), 70-Dj Riba, 71-Rasfa interne, 72-Rasfa supérieur, 73-Kef Sennar, 74-Soubella, 75-Bou Riech, 76- Bou Ich, 77-Bou Ich Mine, 78- Filon octave, 79-Abiane, 80-Tafrent 81-Annoual, 82-Chabet Teniet el Kefaf, 83-Oued Beni Halem, 84-Bou Hellal, 85-Dj Afrhane (Bou Taleb) , 86-Chechellou , 87-Kef Aoumar , 88-Tamtart, 89-Tebesbes, 90-Dabba Nord-Ouest, 91-Dabba Sud-Est, 92-Tazila, 93-Dj. Tazila, 94-Anfif, 95-Abbes, 96-Akaken, 97-Anakni, 98-Kherab, 99-Afnasi, 100- Ain Tourtit, 101- Aguelaguel, 102-Fourhal D'ou, 103-Ham Nord, 104-Talkhempt, 105-Chouf Ameer, 106-Guetine.

La légende de la Figure III-1.B :

1-zone des massifs kabyles 2-3- domaine Tellien : 2- Autochtone à couverture post-nappe 3a-allochtone indifférencié 3b-flychs crétacés et Tertiaires, 4-5 structures présahariennes : 4- couverture tabulaire des hauts plateaux, 5- Môle d' Ain Mlila, 6- couvertures plissées de l'Atlas Saharien. 7- limite des unités tectoniques. 8- front des nappes alpines. 9- secteur étudié. 10- zone minéralisé mole d'Ain Mlila.

Selon les descriptions de (l'ORGM, 1987), on constate que la plupart des gites et indices polymétalliques constituent des « amas » multicouches, de deux à plusieurs corps minéralisés dans la même strate ou dans plusieurs strates superposées. En outre la minéralisation constatée dans les limites des sous- zone Nord et Sud se concentre en districts isolés ou en zones allongés bien étendu.

La localisation de la minéralisation représente les caractères spécifiques de l'ensemble des districts miniers. Les gites se localisent dans les terrains du Jurassique-Crétacé inférieur (Hauterivien, Barrémien-Aptien) sur les flancs des structures anticlinales. Ils sont contrôlés par des grosses failles longitudinales ou transverses et s'associent aux petits plis et aux zones faillées.

Les roches encaissantes représentées par des dolomies et calcaires dolomitiques sont généralement recouvertes par un écran d'argiles. L'emplacement des centres miniers sur la sous-zone Nord est conditionné par la présence d'accidents cassants et d'une structure horst-anticlinale.

Un rôle non négligeable y appartient également aux courbures constatées en direction régionale d'accidents plissés et cassants. Dans les limites des centres miniers de "Zdim-Gustar" on distingue un fléchissement des structures sublatitudinales en direction NE et au SE. C'est justement dans les aires de ces courbures qu'on voit ce concentré la plupart des gites polymétallique.

L'emplacement des centres miniers sur la sous-zone Sud est conditionné par la présence des diapirs triasiques et des structures anticlinales complexés par des zones faillées.

Les minéralisations localisées généralement à proximité immédiate des pointements triasiques sont contrôlées par des failles diagonales essentiellement de direction NW accompagnées par des roches légèrement altérées.

Les minerais sont constitués de sphalérite moins souvent de galène. En surface, on voit prédominer les minerais d'altération essentiellement de zinc et accessoirement de la galène (smithsonite, calamine, cérusite, etc.....).

De par leurs localisation et composition minérale, les gites et indices sont généralement attribués aux sous-formations carbonatées de galène-sphalérite et de galène-baryte. Au sein de ces sous formations, on distingue plusieurs types minéraux :

- Les indices de la sous-formation de galène-baryte s'associent aux zones de broyage accompagnées par des corps lenticulaires à imprégnation veinulée de galène souvent de type « stokwork ». Cette minéralisation se présente souvent en association étroite avec de la barytine et fluorine (ex : Ain Kahla) la sphalérite y est un élément secondaire.
- Les indices de la sous-formation de galène-sphalérite consistent en corps lenticulaires sub-concordants souvent encaissés dans des niveaux à pendage doux (ex : Kherzet Youcef).

Les indices de la sous formation de galène-baryte se localisent de préférence dans les terrains du Jurassique inférieur, ceux de galène, sphalérite dans le Crétacé inférieur. Quelques indices encaissés dans le Jurassique inférieur à proximité immédiate d'argiles gypsifères du Trias sont attribués aux types de galène-sphalérite chalcopryrite (ex : indices de Gouzi, Bassouz).

III.3- Historique des travaux miniers de Merouana : (J. Glaçon.1967)

Les travaux d'exploitation de la concession de Merouana sont anciens, l'exploitation a débuté en 1907 pour devenir assez active ensuite, puisqu'elle fournit en un an plus de 1.000 tonnes de produits calcinés à 45 % Zn. Là, comme ailleurs, le minerai exploité était la calamine et smithsonite. La production totale fut d'environ 10.000 tonnes de calamine calcinée, et de 1,500 tonnes de blende.

En 1950-1951 : Le B.R.M.A.(par J. BERTRANEU) effectua une étude détaillée des possibilités des gisements en blende, la conclusion de cette étude était décevante ; c'est qu'on peut seulement espérer à Merouana un tonnage probable de 900 à 1000 tonnes de métal (Zn).

Les teneurs moyennes, obtenues par échantillonnage par rainurage le long des parements des galeries rafraîchies ou nouvellement percées, varie de 6.8 % à 10% Zn.

L'exploitation ancienne était assez dispersée, et répartie en plusieurs chantiers. Les plus importants, sur la rive droite de l'Oued Merouana, étaient ceux de Tizourit (sur le flanc Nord-Ouest du Djebel Tissouress) qui s'étageaient à plusieurs niveaux. Ces quartiers de Tizourit ont fourni la plus grande partie de la production totale. Sur la rive gauche de l'Oued existait les chantiers dits Boukendouch (inférieur) et Ras Boukendouch (recherche supérieur).

En 1999 : Des travaux d'essais de géophysique programmés sur le site de Merouana a pour objectif de vérifier certains indices minéralisés en Zn et Pb.

En 2000-2001 : l'ORGM a fait une étude de géochimie réalisée sur le secteur de Merouana, ainsi que des travaux de prospection géophysique (PPGM) menés sur 13 profils. Sur

la base des résultats des travaux de 1999, 04 sondages de vérifications ont été réalisés sur le site de Merouana.

III.4- La minéralisation de la mine de Merouana :

III.4.1-Introduction :

Le secteur de Boukendouch (rive gauche de l'Oued de Merouana) et de Tizourit (rive droite de l'Oued de Merouana) fait partie de la région de Merouana, ils représentent le versant Nord des monts du Belezma. Les formations qui les constituent sont d'âges Aptien-Barrémien avec des minéralisations en Zinc principalement encaissées dans les dolomies d'âge Aptien.

Au niveau de la mine de Merouana, quatre sondages ont été réalisés par l'O.R.G.M, 2000 (voir Figure III- 02). Sur les quatre sondages, un seul sondage (S-4) situé dans le secteur Tizourit a recoupé la zone minéralisée en Zn. Les autres sondages ont été utilisés pour la réalisation de corrélation spatiale entre les différents faciès.

III.4.2-Interprétation des 04 sondages :

Les formations aptiennes des 04 sondages sont subdivisées en deux étages ; Aptien supérieur et Aptien inférieur. En examinant le contenu lithologique des 04 sondages (S1, S2, S3, et S4) réalisés dans ces deux secteurs, on peut dégager les observations suivantes (Figure III- 03) :

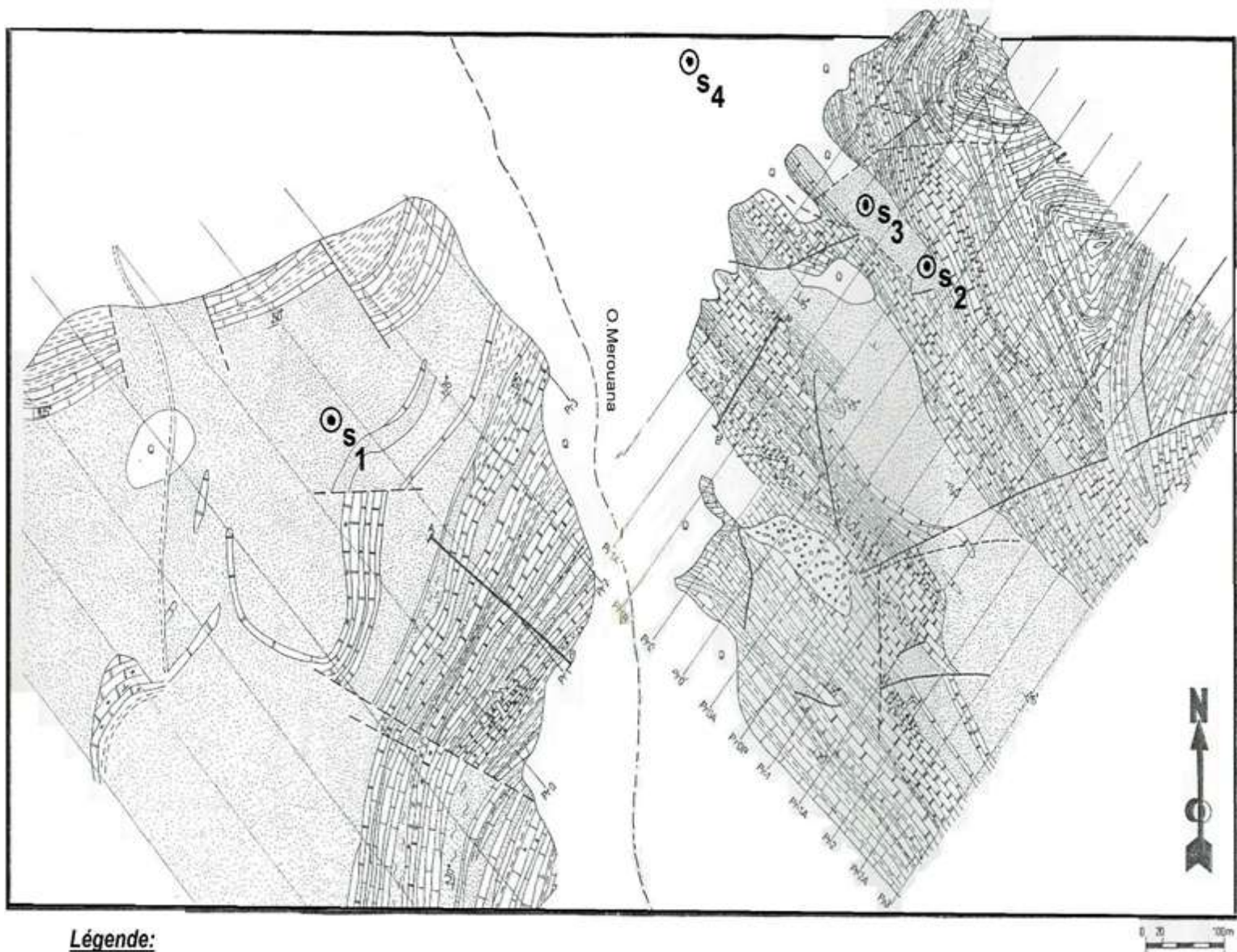
L'allure générale de la tendance lithologique de ces faciès montrent qu'elles sont constituées par des calcaires dolomitiques et calcaires marno-gréseux avec parfois des couches argileuses et argilo-gréseuses, inter-stratifiés par des couches dolomitiques et dolomies gréseuses. En fait ce sont les mêmes faciès qui se répètent sur l'ensemble des sondages et c'est seulement les épaisseurs qui se diffèrent d'un sondage à un autre.

Au niveau du sondage n°04 de Tizourit, la couche dolomitique inférieure minéralisée en sphalérite à une épaisseur moyenne de **02,40 m avec une teneur en Zn de 0.96% (dans l'intervalle 128m - 130.40m)**, elle est de même épaisseur dans le sondage n°01 de Boukhendouch, mais il est stérile. Au niveau des sondages n° 02 et 03, nous remarquons un amincissement progressif de cette même couche dolomitique stérile qui se prolonge vers l'Est.

Un faciès à dominante marno-gréseuse entre les deux couches dolomitiques supérieure et inférieure est presque similaire dans les 04 sondages, car la seule différence réside dans l'amincissement de ce faciès au niveau du sondage n° 02 qui est presque 12 m d'épaisseur. Le reste des faciès au-dessus de la couche dolomitique supérieure est représenté par une alternance

marno-gréseuse ou même calcareuse et calcaro-dolomitique renfermant quelque fois des rares niveaux dolomitiques.

Au-dessous de la couche dolomitique inférieure, l'aptien inférieur est marqué par une lithologie à dominance calcaire est presque la même dans tous les sondages avec les épisodes de calcaires organiques, calcaires bitumineux et calcaires à orbitolines et qui sont des équivalents latérales pour les 04 sondages.



Légende:

- | | | | | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Quaternaire. | Argile | Profil | Remblais à dolomie minéralisée | Sondages |
| Grès | Dolomie oxydée | calcaire dolomitisé | Ancien ouvrage (tranchée et galerie). | |
| Marne | Dolomie minéralisée (blende) | calcaire à orbitoline | Faille : 1.Réelle 2.Supposée. | |

Figure III.02 : Carte géologique de l'indice de Boukendouch (à gauche) et de Tizourit (à droite) avec implantation des sondages (ORGM, 2000)

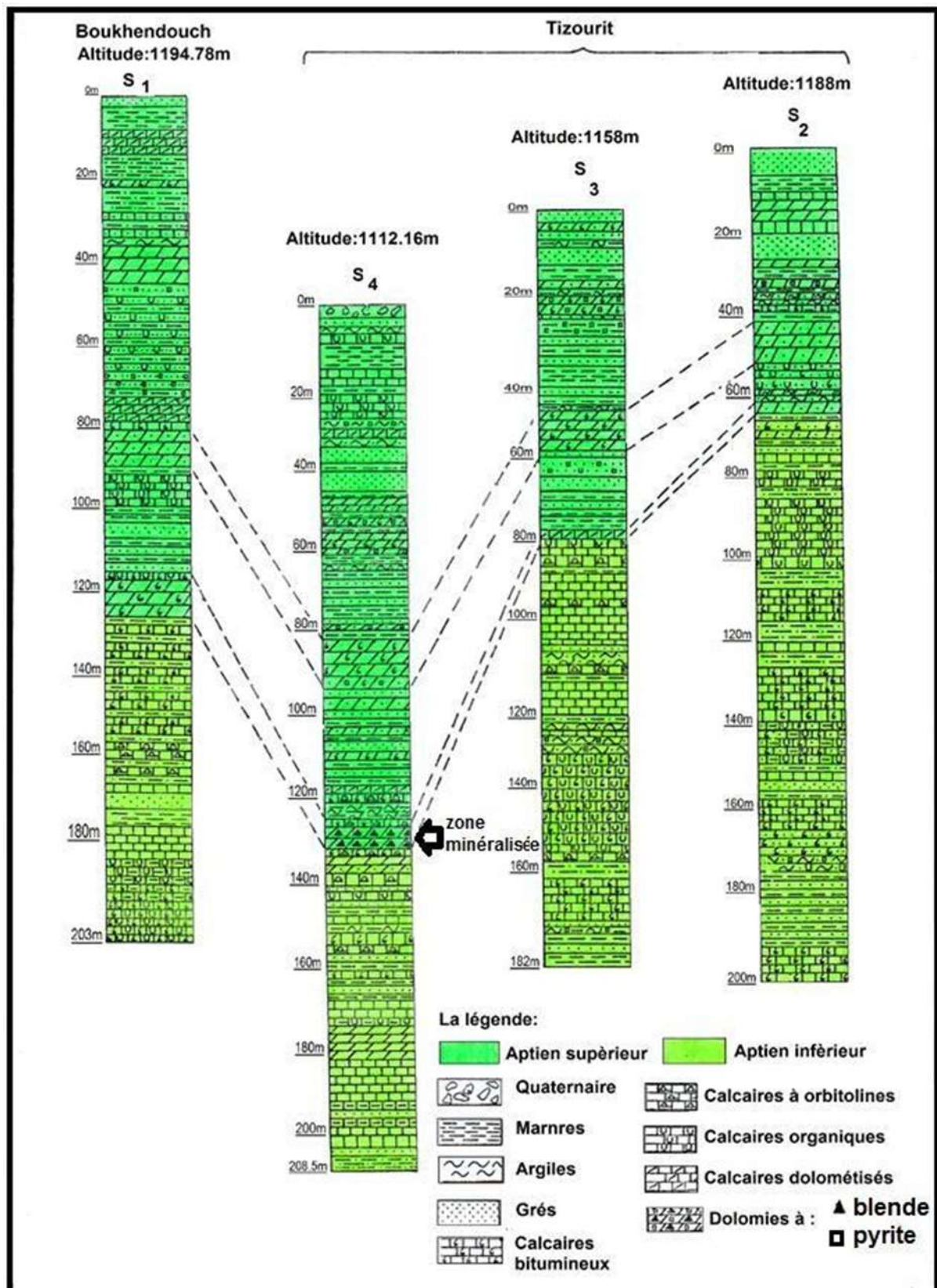


Figure III.03 : Coupe de corrélation des données de sondages : 01, 02, 03 et 04 (ORGM, 2000)

III.5.3-Pétrographie et minéralogie des minéralisations :

Etant donné l'impossibilité de la réalisation des travaux de terrain pour des raisons sécuritaires, nous nous sommes contentés de résumer les travaux déjà réalisés sur la minéralogie des minéralisations. Ces travaux académiques sont réalisés dans le cadre de publications, thèses de doctorat, de Magistères et de mémoires de fin d'étude (Boutaleb.A.2001, Bara, M., Haddouche, O. et Boutaleb, A. 2016, Bensabra. H. et Haroud. M.Gh. 2019).

III.5.3.1-Les minéraux métalliques :

a) La sphalérite (ZnS) :

La Sphalérite est le sulfure le plus fréquent dans tout le gisement, il présente des couleurs variables : verte, rouge et brune à mielleuse (Pl .I .Figure03). Elle est à texture massive et se présente en grandes plages millimétriques, en cristaux automorphes à sub-automorphes, C'est le minéral métallique le plus abondant, elle est de couleur grise, à faible pouvoir réflecteur en lumière polarisée non analysée et isotrope à réflexion interne brun-jaune orange en lumière réfléchie.

Elle se développe en cristaux sub-automorphes à automorphes et participe au remplacement de la dolomie moyenne qui se trouve en inclusion au sein de la sphalérite. Cette sphalérite peut être associée aux petites plages de pyrite et présente des altérations en smithsonite. (Pl.II.Fig.01)

b) La galène (PbS) :

La galène est moins abondante que la sphalérite. Macroscopiquement, elle est disséminée dans la gangue sous forme de petits cubes parfaits ou bien massive (Pl. I. Fig.02).

Elle se présente également sous forme de cristaux xénomorphes, de couleur blanche à pouvoir réflecteur assez élevé (plus faible que la pyrite), son clivage est net et elle présente de nombreux arrachement triangulaire qui sont caractéristique du minéral. En lumière polarisée analysée, elle est isotrope (à légèrement anisotrope) et ne présente pas des réflexions internes. Cette galène est altérée en cérusite qui se présente sous formes d'auréoles autour de la galène, ou le long de ses clivages, elle peut se présenter également sous forme de plages xénomorphes (Pl.II.Fig.02).

c) La pyrite (FeS₂) :

La pyrite est peu abondante, elle est invisible sur terrain, et ne s'observe qu'au microscope. Elle se reconnaît par sa couleur jaune très claire à pouvoir réflecteur élevé en lumière polarisée non analysée (supérieur à la galène) et par son isotropie en lumière polarisée analysée. Ce minéral est caractérisé par des pyritoèdres disséminés dans un encaissant dolomitique et dans la sphalérite, où on remarque que les cristaux suivent parfois les contacts inter granulaires de la dolomie (Pl.II.Fig.01).

III.5.3.2 Les minéraux d'altération :**a) La cérusite (PbCO₃) :**

Elle est de couleur grise avec un pouvoir réflecteur plus faible que celui de la blende et présente une anisotropie nette dans le gris foncé avec des réflexions interne. Ce minéral est le produit d'altération de la galène, il l'entoure sous forme d'auréole, ou se rencontre encore le long de ses clivages, la cérusite se manifeste encore à l'intérieur des vides laissés par la dissolution de l'encaissant carbonaté dolomitique (Pl.II.Fig.02).

b) La smithsonite (ZnCO₃) :

La smithsonite présente une texture concrétionnée autour de la sphalérite ou enrobant les autres minéraux, elle est de couleur blanchâtre, Ce minéral est le produit d'altération de la sphalérite, il se présente sous forme d'auréole autour de la sphalérite ou au sein de cette dernière le long des fissures. La sphalérite est partiellement ou totalement remplacée par la smithsonite (Pl.II.Fig.03).

Ce minéral est de couleur gris clair avec un pouvoir réflecteur plus faible que la blende, bon polie avec pléochroïsme net et anisotropie en lumière polarisée analysée (Pl.II.Fig.04).

c) Hématite (Fe₂O₃) :

L'hématite est présente en surface et envahit quelques bancs carbonatés. Ce minerai se présente en masse terne sans cristaux apparents, en remplissage des fissures. Parfois ces fissures intenses, d'ouvertures variantes donne à la roche un aspect bréchiq.

Microscopiquement, elle s'observe associée à la pyrite, c'est un produit d'altération de la pyrite.

d) Covellite (CuS) :

Rarement observée au microscope en forme de petites imprégnations de 100 µm environ ou associée à la sphalérite sous forme d'auréoles d'altération, sa présence indique que la sphalérite contiendrait du cuivre, ou bien qu'elle serait un produit d'altération de la chalcopryrite.

e) Limonite :

C'est une variété terreuse brunâtre à éclat terne de masse pulvérulente qui se présente en grain fin (inférieur à 1mm) libres dans le fond des cellules de boxworks, ou en masse de grains accolés les uns aux autres dans les fractures et les pores (Pl.I.Fig.04).

III.5.3.3-Les minéraux de gangues :**a) La dolomie spathique :**

Elle est de couleur blanche, reconnue par son résultat négatif à l'acide chlorhydrique. Elle précipite dans des cavités pluri-millimétriques à centimétriques, ou remplace des fossiles. Cette dolomie spathique est liée dans la plupart des cas à la sphalérite. (Pl. I. Figure 01)

La dolomie constitue l'encaissant immédiat de la minéralisation à sphalérite, pyrite et galène. C'est une dolomie cristalline à patine brune ; cassure grise, il s'agit d'une calcarénite renfermant de nombreux fantômes de bioclastes épigénisés.

Le banc de dolomie minéralisée est compris entre un mur de calcaires à Orbitolines et un toit argileux (shales de Glaçon, 1967) formant un écran pour la minéralisation.

L'étude microscopique de l'encaissant montre l'existence de plusieurs générations de dolomites (Figure III.04) :

- Dolomitisation diagénétique précoce essentiellement représentée par la dolomite à grains fins (dolomite I).
- Dolomitisation diagénétique tardive représentée par la deuxième variété de dolomite à grains moyens (dolomite II).
- Dolomitisation épigénétique: lors de l'épisode d'enfouissement de diagenèse, il y a apparition de la dolomite rhomboédrique accompagnée d'oxyde et hydroxydes de fer, témoignant de phénomène de dissolution, c'est la dolomite III.

b) La calcite (CaCO₃) :

La calcite associée au minerai, est moins abondante que la dolomite, elle se présente tardivement, en remplissage de petites veinules centimétriques à décimétriques affectant la dolomie sous forme massive ou bien en cristaux subautomorphes à automorphes, remobilisant parfois la minéralisation zincifère. (Pl. I. figure 02)

Elle se présente en faciès granulaire ou saccharoïde, en remplissage de géodes et des fractures, de couleur blanche à transparente à éclat vitreux. Elle est dans la plupart des cas en contact avec la galène et associée à la limonite.

c) Le Quartz (SiO_2):

La silicification est anté-dolomitisation, elle se manifeste par des cristaux prismatiques de quartz de néoformation probablement diagénitiques. Il est généralement inclus dans la dolomite et parfois dans la sphalérite. (Fig.III.04)

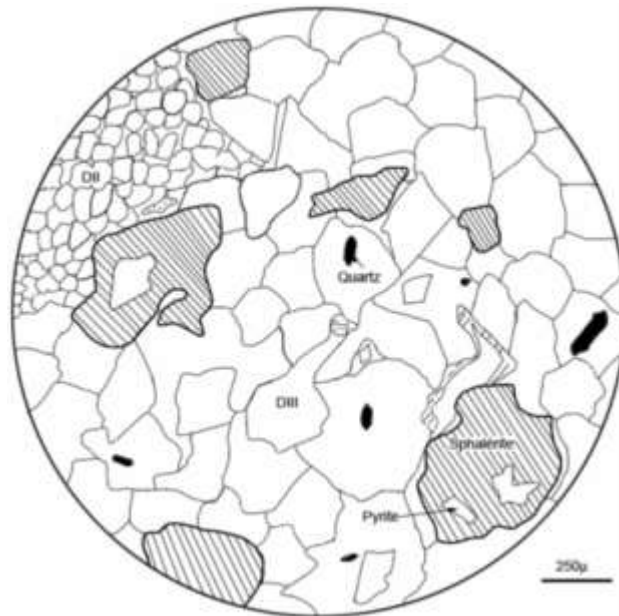


Figure III-04: Photo montrant quelques aspects microscopiques de quartz associé à la dolomie (Vue en lames minces, LP) (Bara.M 2014).

PLANCHE I :

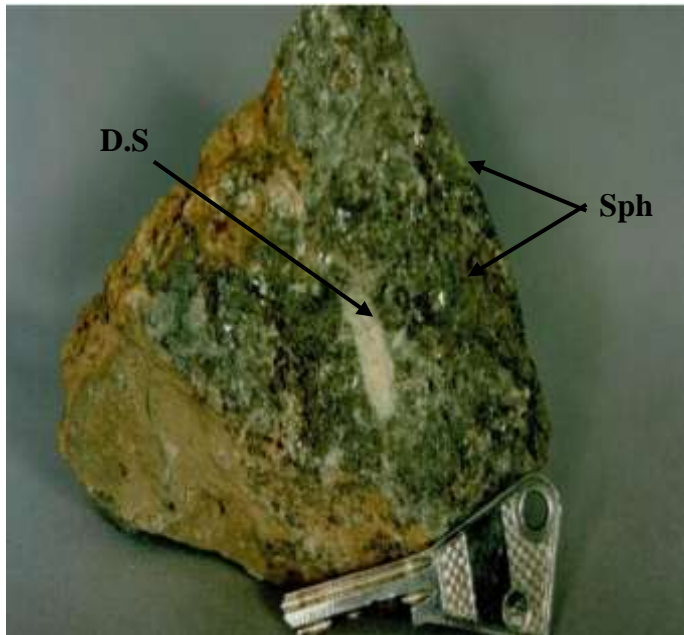


Fig. 01 : Dolomie spathique dans une cavité, associée à des cristaux de sphalérite. (Bensabra et Haroud, 2019)

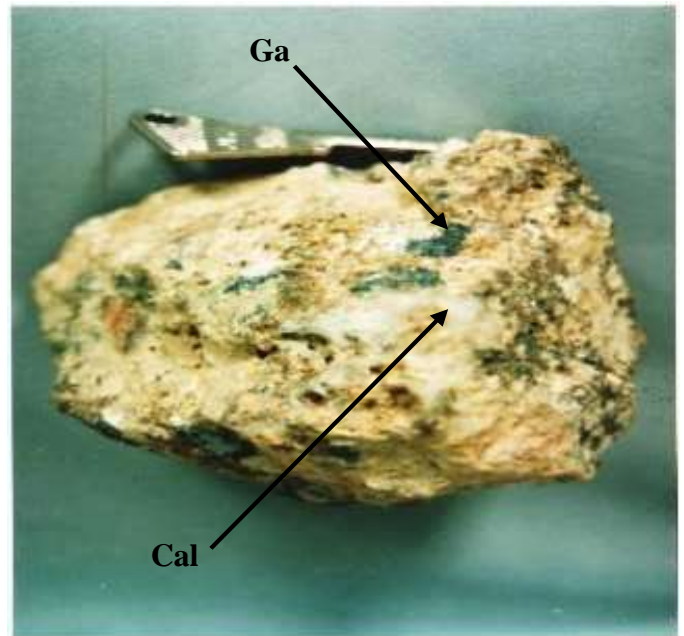


Fig. 02 : Cristaux de galène et de calcite dans un encaissant dolomitique. (Bensabra et Haroud 2019)



Fig. 03 : Cristaux de sphalérite disséminés dans un encaissant dolomitique. (Bensabra et Haroud 2019)

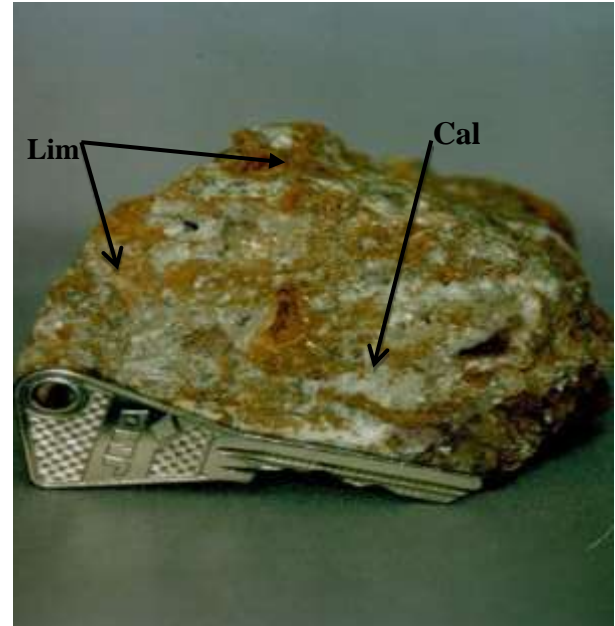


Fig. 04 : Calcite saccharoïde associée parfois à des géodes à remplissage limonitique. (Bensabra et Haroud, 2019)

PLANCHE II :

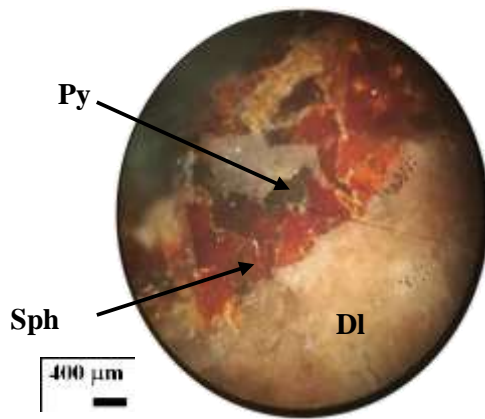


Fig. 01 : Cristaux de sphalérite associés aux plages de pyrites et remplacent les cristaux de dolomies (LPA) (Bensabra et Haroud, 2019)

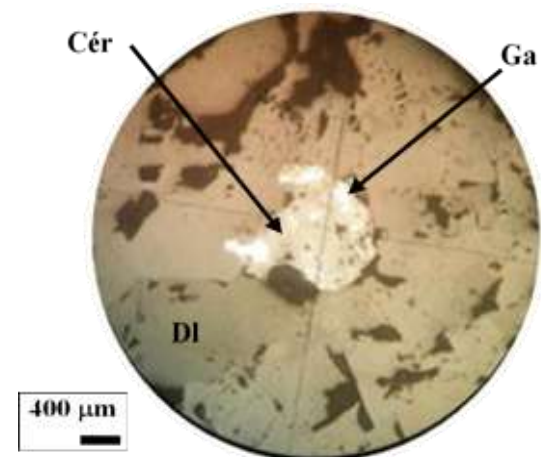


Fig. 02 : Galène altérée en cérusite dans une gangue dolomitique (LPA) (Bensabra et Haroud, 2019)

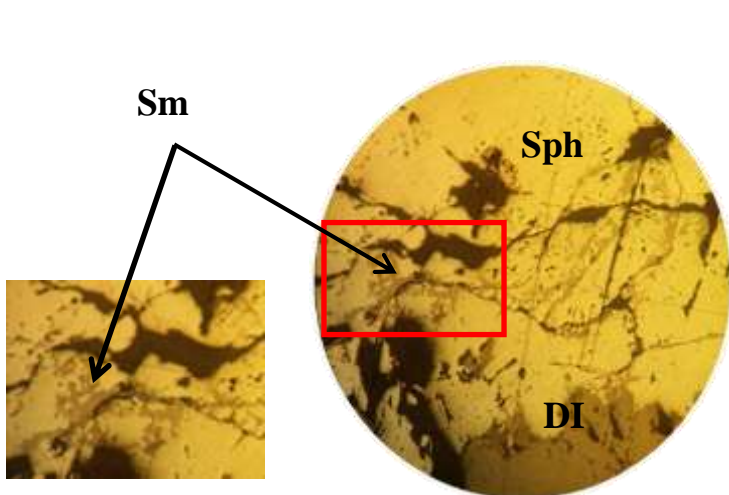


Fig. 03: Smithsonite remplace partiellement la sphalérite. Celle-ci est en remplissage des fractures LPNA, ObjX10) (Bensabra et Haroud, 2019)

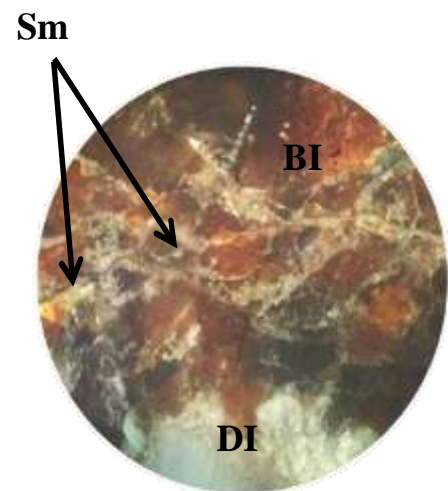


Fig. 04 : Sphalérite altérée en smithsonite (LPA, Obj.x10) (Bensabra et Haroud, 2019)

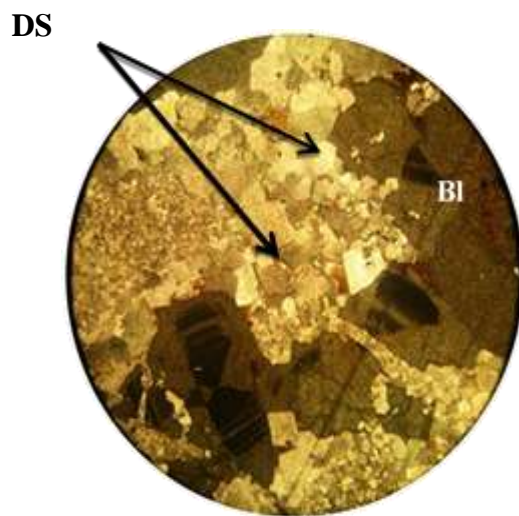


Fig. 05 : Lame mince montrant la dolomite baroque et dolomite finement grenus remplacées par la sphalérite (Bensabra et Haroud, 2019)

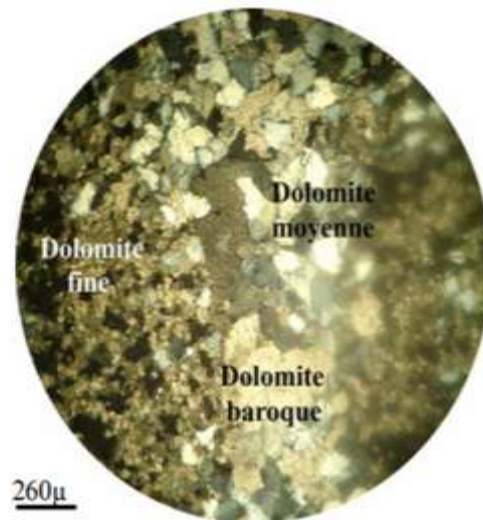


Fig.06 : Aspect microscopique de différents types de dolomie (Bara, 2014)

Abréviation : Ga : Galène, Py : Pyrite, Sph : sphalérite, DI : Dolomite, BI : Blende (sphalérite), DI : Dolomite, D.S : Dolomite Spathique (baroque), Lim : limonite

III.5.3.4-La succession paragénétique :

Les observations macroscopiques et microscopiques relatives aux relations mutuelles entre les différentes phases minérales constitutives des minéralisations de la mine de Merouana a permis de mettre en évidence des phénomènes de dolomitisation, et de mise en place hydrothermale des minéraux utiles et de gangue et des processus d'altération supergène. La succession paragénétique récapitulée dans le tableau ci-dessous résume l'ensemble de ces observations :

	Diagénétique			Epigénétique			Supergène
		D I S S O L U T I O N			F R A C T U R A T I O N		
Quartz	—						
Calcite						—	
Dolomite	—		—	—			
Pyrite	—				—		
Sphalérite					—	—	
Galène					—	—	
Covellite							—
Smithsonite							—
Hématite							—
Limonite							—

Tableau 01 : Tableau synthétique de la succession para génétique des minéralisations Pb-Zn du gisement de Merouana (**Bara, M., Haddouche, O. et Boutaleb ,A. (2016)**)

Chapitre IV :
Prospection géochimique
et géophysique

IV-1-Méthodologie de prospection

Le choix du secteur de Merouana pour une prospection des polymétaux, vient du fait que ce secteur est caractérisé par un certain nombre d'éléments et formations favorables à la présence de minéralisations polymétalliques à Pb, Zn, Cu...

Durant la campagne de prospection géochimique réalisée dans le secteur de Merouana en 2000 -2001, l'ORGM a réalisé des travaux de géologico-géophysiques et géochimiques dans le but de mettre en évidence les principales anomalies géochimiques et géophysiques.

IV-1-1-Travaux géologico-géophysiques

Les travaux topographiques ont servis à établir une base topographique pour les travaux géologiques et géophysiques. Ils englobent le traçage des profils, cheminements, rattachements et nivellements.

Lors de ces itinéraires, il sera donc utile de situer les affleurements de minéralisations et de préciser leurs descriptions. Il a été procédé à leur échantillonnage au marteau et à la détermination de leurs paramètres de surface (longueur, largeur, pendage).

Les méthodes géophysiques utilisées sont: la polarisation provoquée (PP-GM et SEV-PP).

Les travaux miniers englobent l'aménagement de piste et plateforme pour les points de sondages à réaliser et le creusement des tranchées.

IV- 1- 2- Travaux géochimiques de surface

94 échantillonnages lithogéochimiques ont été réalisés à travers 23 profils sur une surface d'environ 5737 m². Le prélèvement a été effectué sur la roche mère affleurant le long des profils transversalement à la direction des couches dolomitiques suivant 04 affleurements ; l'un à Boukhendouch (voir Fig. IV.1.1) et trois autres à Tizourit (Fig. IV.1.2).

Chaque faciès de roche est échantillonné séparément. L'échantillonnage a été effectué par prises discontinues : l'équidistance entre les profils d'échantillonnage est irrégulière (20m, 30 m et 35 m), on prélèvera un bout de roche de 3 à 4cm de diamètre dans une surface de 01 m² qu'on regroupera en un seul échantillon de 250 à 300 g.

Les échantillons ont subi d'abord un pré-broyage à l'aide d'un concasseur à mâchoire pour obtenir des grains ne dépassant pas les 05mm de diamètre. Ensuite ils sont passés dans un broyeur à cylindre, les fractions obtenues ne dépassent pas 01 mm, on continue le broyage jusqu'à l'obtention d'une poudre de 50 µm à 100 µm et on l'envoie au laboratoire pour y être pesé et analysé. L'analyse spectrale d'émission semi-quantitative a concerné les échantillons lithologiques. Chaque échantillon a été analysé pour les éléments suivants : Zn, Pb, Ba, Cd, Ag et Cu.

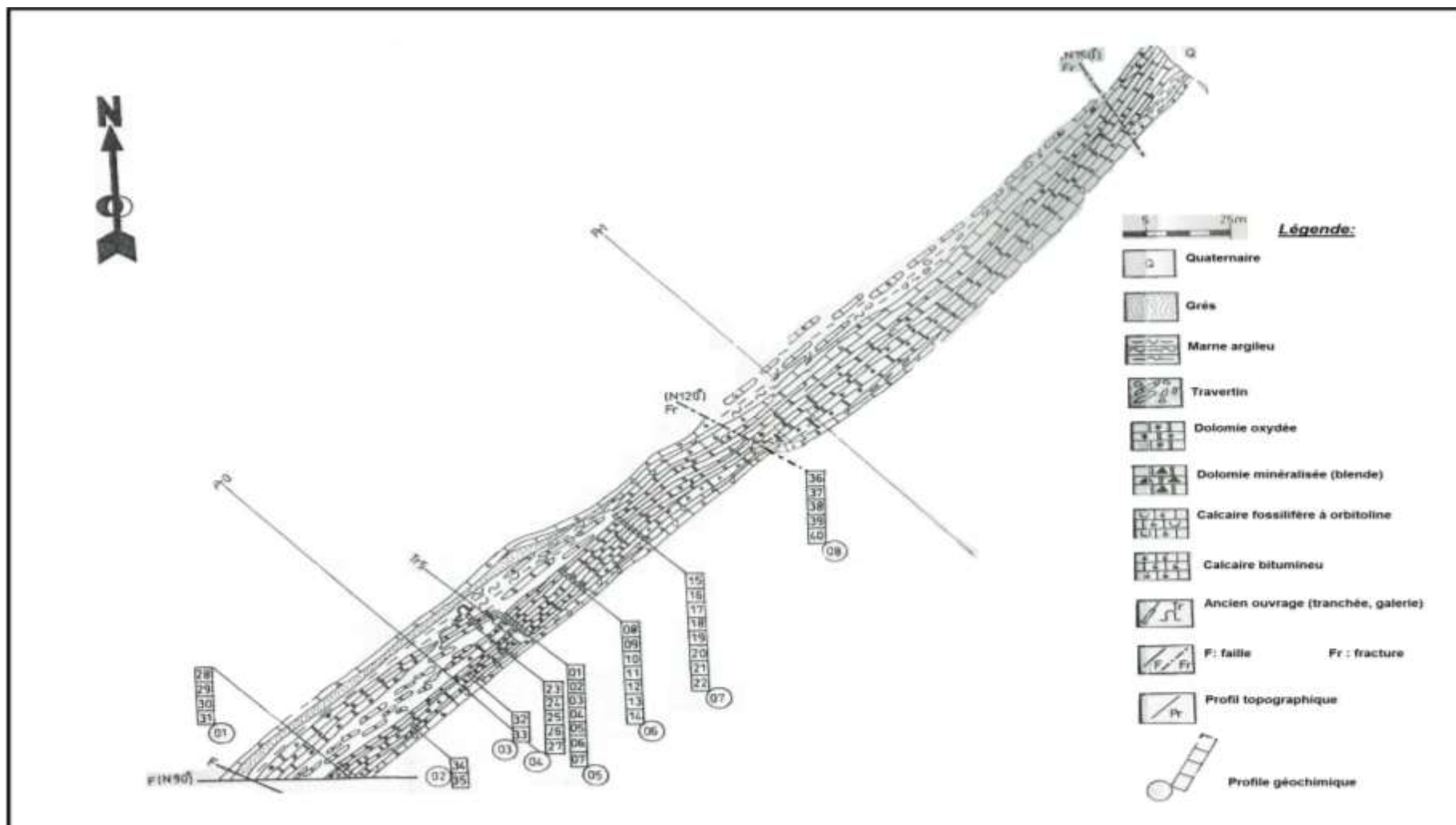


Figure IV.1.1 : Schéma géologique et plan d'échantillonnage dans le secteur de Boukhendouch (Azimut des profils 40°N)(O.R.G.M 2000)

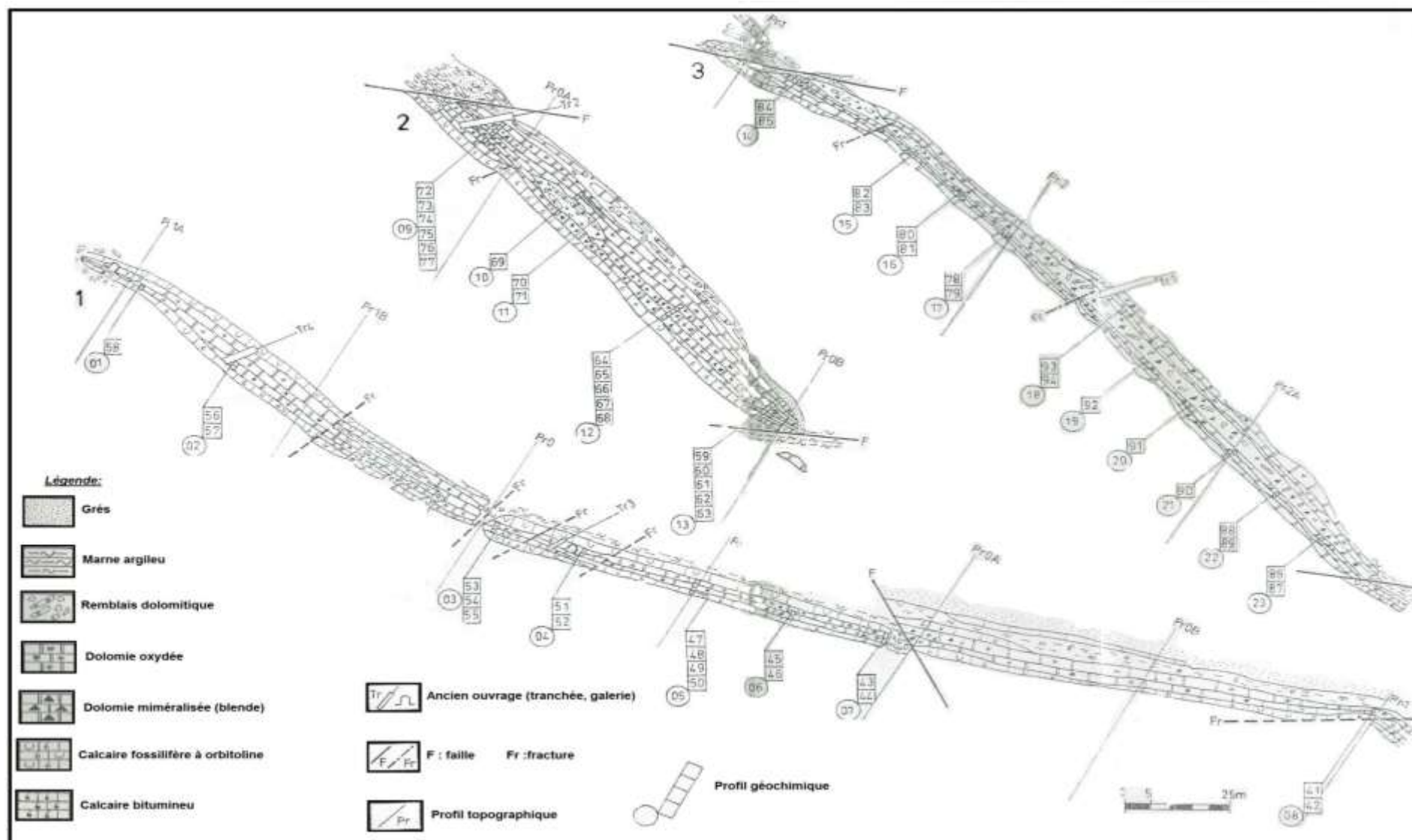


Figure IV.1.2 : Schéma géologique et plan d'échantillonnage dans le secteur de Tizourit (O.R.G.M 2000)

IV.1.3- Rappel sur la méthode d'analyse chimique

Les échantillons prélevés dans le secteur de Merouana sont analysés au laboratoire de l'ORGM à Boumerdes où ils ont été soumis à l'analyse spectrale semi-quantitative. Le choix de cette méthodes est justifié par :

- Le stade de recherche minière (préliminaire).
- Les moindres coûts.
- Le grand nombre des échantillons à analyser.

Cette méthode permet d'obtenir les spectres de raie des éléments qui sont excités par une source d'énergie thermique (arc électrique...). Après excitation, chaque élément présent dans l'échantillon émet un spectre de raie caractéristique. Le spectre recueille sur une plaque photographique est analysé.

L'analyse qualitative se réalise par le repérage des raies de chaque élément. On procède, en comparant le spectre obtenu à partir de l'échantillon avec un spectre de référence (étalon), où sont notées les raies des éléments recherchés.

Les courbes des teneurs de Zn et Pb dressées suivant les profils dans l'affleurement de Boukhendouch et de Tizourit nous a permis de mettre en évidence les résultats suivants :

Tableaux d'analyses géochimiques**Tableau n°1 : Affleurement Boukhendouch**

N° de profil lithogéochimique	N° échantillon	Long de L'éch en(m)	Analyse chimique					
			Pb %	Zn%	Cu	Ag	Cd	Ba
5	1	1,00	0,023	0,3	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	2	1,00	0,013	2,25	< 1	< 0,005	< 0,005	0,013
	3	1,00	0,01	0,18	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	4	1,00	0,038	0,38	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	5	1,00	0,015	0,65	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	6	1,00	0,01	0,45	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	7	1,00	0,01	0,35	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
6	8	1,00	0,013	0,13	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	9	1,00	0,015	0,038	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	10	1,00	0,008	0,028	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	11	1,00	0,008	0,02	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	12	1,00	0,008	0,013	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	13	1,00	0,008	0,01	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005

	14	1,00	0,008	0,013	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
7	15	1,00	0,038	0,058	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	16	1,00	0,008	0,04	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	17	1,00	0,008	0,028	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	18	1,00	0,008	0,023	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	19	1,00	0,008	0,013	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	20	1,00	0,005	0,01	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	21	1,00	0,005	0,013	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	22	1,00	0,005	0,058	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
4	23	1,00	0,013	0,4	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	24	1,00	0,013	3,25	< 1	0,005	< 0,005	< 0,005
	25	1,00	0,013	5,25	< 1	0,008	< 0,005	< 0,005
	26	1,00	0,09	6	< 1	0,001	< 0,005	< 0,005
	27	1,20	0,008	0,53	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
1	28	1,00	0,04	0,15	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	29	1,00	0,08	0,21	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	30	1,00	0,055	0,2	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	31	1,00	0,048	0,12	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
3	32	1,20	0,01	0,25	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	33	1,30	0,068	2,55	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2	34	1,20	0,02	0,15	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	35	1,30	0,015	0,08	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
8	36	1,00	0,005	0,01	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	37	1,00	0,005	0,015	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	38	1,00	0,005	0,008	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	39	1,00	0,005	0,1	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	40	1,00	0,005	0,008	< 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005

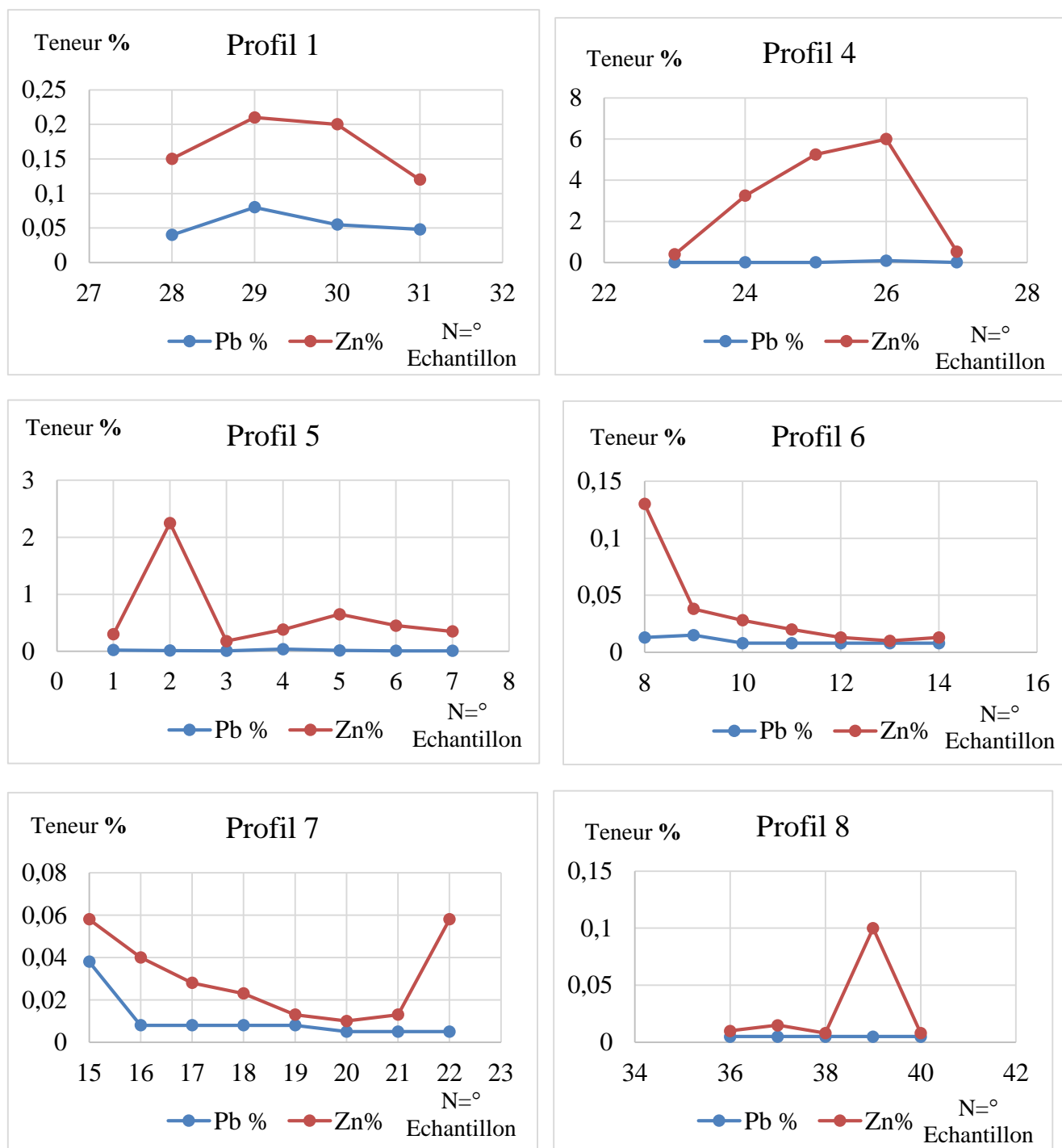


Figure IV.1.3 : Les profils lithogéochimiques d’affleurement de Boukhendouch

Il y a une différence entre les courbes de Pb et Zn où nous remarquons des teneurs en Zn plus fortes que celles du Pb dans la plupart des profils. Dans le profil n°4 les teneurs en Zn sont considérables et atteignent un plafond de 6 %. Les valeurs élevées en Zn se trouvent parfois vers le centre des couches dolomitiques (profil n°1 et profil n°4) ou dans la plus part des cas vers les deux limites externes des couches (profil 5, 6, 7 et 8). Par contre la teneur en Pb dans presque tous les profils ne dépasse pas 0.03% (profil 4, 5, 6 et 8).

Tableau n°2 : Affleurement n°1 de Tizourit

N° de profil lithogéochimique	N° échantillon	Long de L'éch en(m)	Analyse chimique					
			Pb %	Zn%	Cu	Ag	Cd	Ba
8	41	1,20	0,018	0,21	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	42	1,00	0,018	0,3	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
7	43	1,00	0,015	0,09	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	44	1,00	0,025	2,75	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
6	45	1,00	0,023	0,28	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	46	1,00	0,04	0,5	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
5	47	1,00	0,025	0,19	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	48	1,00	0,04	0,28	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	49	1,00	0,033	0,25	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	50	1,00	0,013	0,068	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
4	51	1,00	0,025	0,98	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	52	1,00	0,03	1,1	< 0,005	< 1	< 0,005	0,02
3	53	1,00	0,018	0,25	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	54	1,00	0,02	0,35	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	55	1,00	0,038	0,6	< 0,005	< 1	< 0,005	0,02
2	56	1,20	0,01	0,023	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	57	1,20	0,008	0,058	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
1	58	1,40	0,008	0,038	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005

Tableau n°3 : Affleurement n°2 de Tizourit

N° de profil lithogéochimique	N° échantillon	Long de L'éch en(m)	Analyse chimique					
			Pb %	Zn%	Cu	Ag	Cd	Ba
13	59	1,00	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	60	1,00	0,005	0,01	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	61	1,00	0,005	0,023	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	62	1,00	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	63	1,00	0,005	0,013	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
12	64	1,20	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	65	1,20	0,005	0,013	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	66	1,20	0,005	0,01	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	67	1,00	0,005	0,01	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	68	1,00	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
11	69	1,30	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
10	70	1,00	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	71	1,00	0,005	0,01	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
9	72	1,00	0,005	0,01	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	73	1,00	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	74	1,00	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	75	1,00	0,005	0,008	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	76	1,00	0,008	0,023	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	77	1,00	0,005	0,018	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005

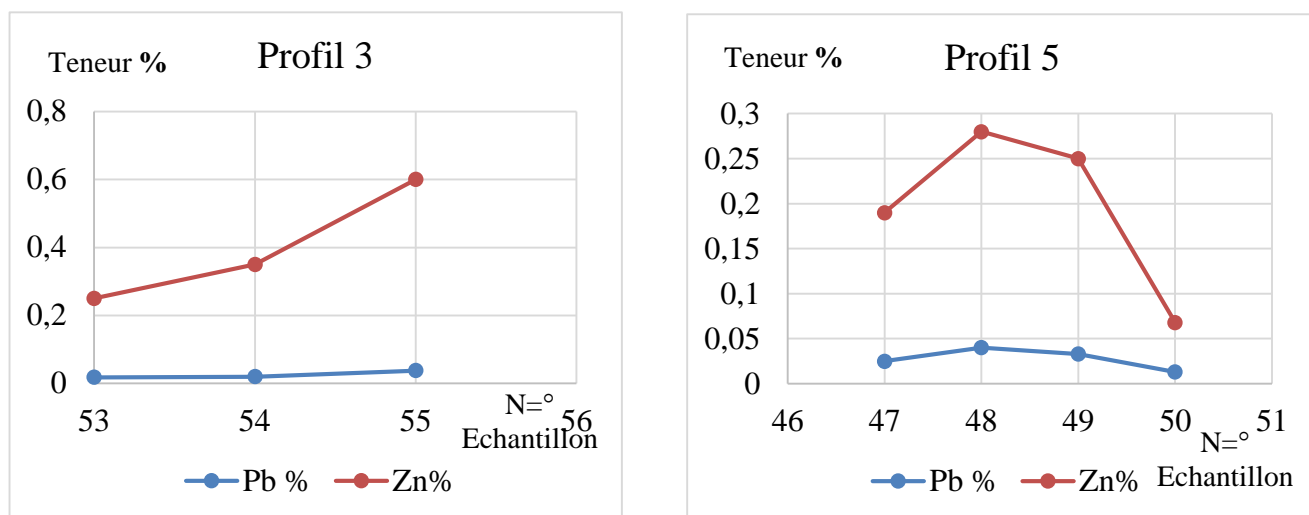


Figure.IV.1.4 : Les profils lithogéochimiques d’affleurement n°1 d’indice Tizourit

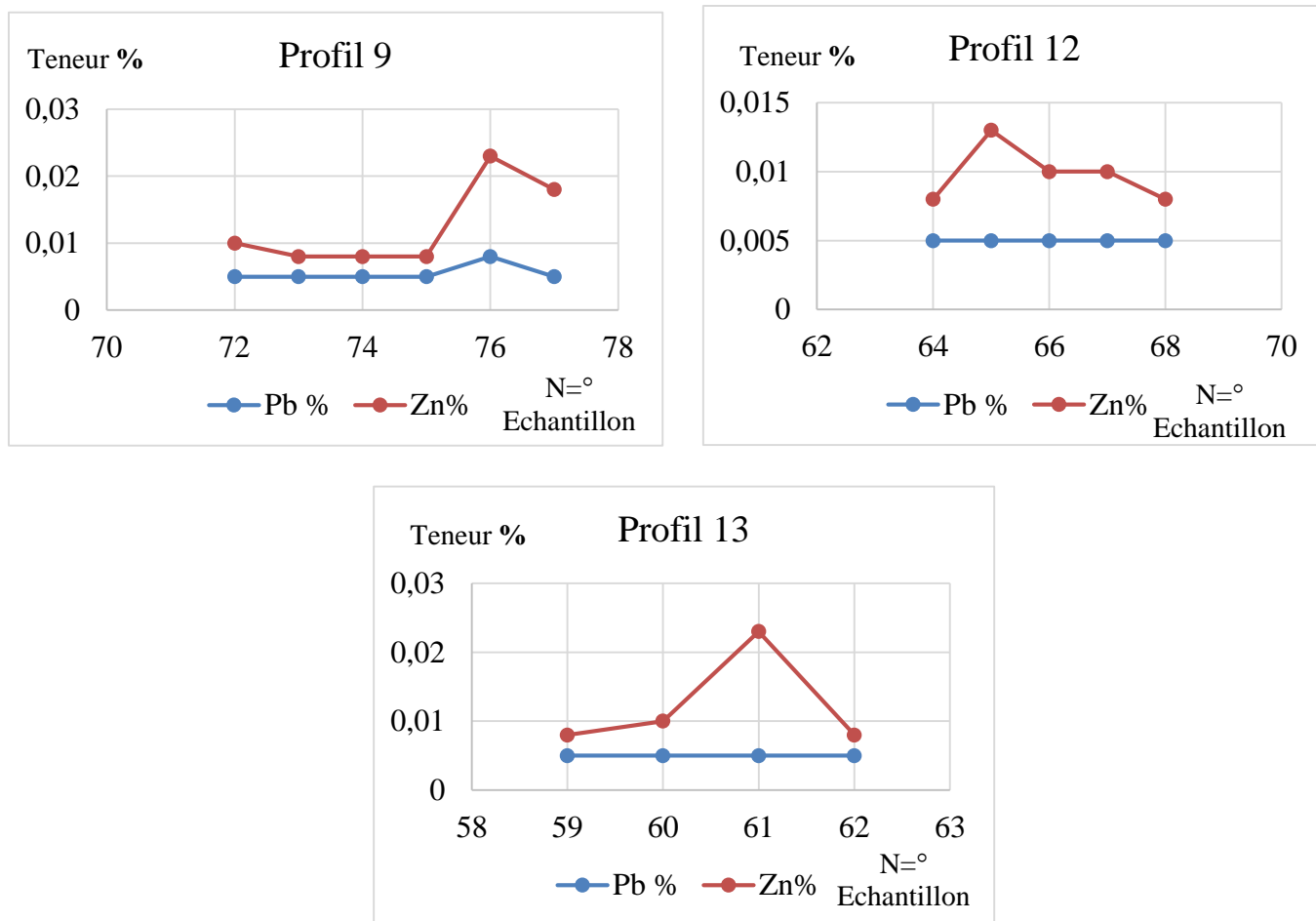


Figure.IV.1.5 : Les profils lithogéochimiques d’affleurement n°2 d’indice Tizourit

Tableau n°4 : Affleurement n°3 de Tizourit

N° de profil lithogéochimique	N° échantillon	Long de L'éch en(m)	Analyse chimique					
			Pb %	Zn%	Cu	Ag	Cd	Ba
17	78	0,80	0,033	1,1	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	79	0,90	0,075	0,58	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
16	80	0,80	0,005	1,33	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	81	0,90	0,005	1,93	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
15	82	0,80	0,008	2,75	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	83	1,00	0,005	0,58	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
14	84	1,20	0,008	0,09	0,013	< 1	< 0,005	< 0,005
	85	1,20	0,008	0,18	0,08	< 1	< 0,005	< 0,005
23	86	0,90	0,03	0,018	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	87	0,80	0,018	0,015	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
22	88	0,80	0,008	0,015	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	89	0,80	0,008	0,025	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
21	90	1,20	0,01	0,013	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
20	91	1,20	0,008	0,018	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
19	92	1,20	0,008	0,013	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
18	93	0,80	0,023	0,033	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005
	94	0,80	0,015	0,3	< 0,005	< 1	< 0,005	< 0,005

Une corrélation entre le Pb et le Zn peut être dégagée à partir des courbes des profils d'affleurement n°1 et n°2 de Tizourit (profil 3, profil 5 et profil 9) à l'exception des profils 12 et 13. Les teneurs en ces éléments varient dans le même sens, soit en augmentant ou en diminuant.

Dans l'affleurement n°2 de Tizourit, on remarque que les teneurs en Pb sont généralement constantes le long des profils géochimiques (0.005%), par contre les teneurs en Zn montrent des valeurs plus fortes que celles du Pb dans les deux affleurements de Tizourit..

Dans le profil n°3, les teneurs en Zn sont considérables et atteignent un plafond de 0.6 % comparaison à la teneur en Pb qui dans les deux profils (profil 12 et 13) reste constantes et marque une valeur de 0.005%.

IV.1.4. Conclusion :

Après l'analyse des profils d'affleurement de Boukhendouch et Tizourit, on peut tirer les conclusions suivantes :

- Le minerai est essentiellement zincifère (les teneurs en Zn sont plus élevées que celles du Pb), mais avec des teneurs généralement pauvres dans les 04 affleurements (marque un plafond de 6% seulement).
- Les valeurs élevées en Zn se trouvent parfois vers le centre des couches dolomitiques ou parfois vers les limites externes. Ces variations des teneurs de Zn le long des profils lithogéochimiques doivent être dues à une hétérogénéité au sein des couches dolomitiques encaissantes.
- Nous constatons que le nombre d'échantonnage est insuffisant (94 échantillons sur une surface d'environ 5737 m²) et ceci pourrait être une raison pour laquelle l'analyse géochimique de surface n'a pas donné de résultats importants. Il faudra plutôt faire des prélèvements sur les carottes de sondages qui donneront peut être de meilleurs résultats (voir le sondage n°04 du chapitre métallogénie).

IV.2- Etude Géophysique :**IV.2-1- Introduction :**

Le géophysicien s'intéresse aux propriétés électriques des sols et roches car, comme par exemple la densité ou la susceptibilité magnétique, elles permettent de caractériser et d'imager le sous-sol. Les propriétés électriques peuvent être mesurées de plusieurs façons. Les trois propriétés fondamentales sont :

1. l'activité électrochimique : base de la polarisation spontanée (P.S.) ;
2. la résistivité : facilité avec laquelle on peut faire passer un courant électrique dans la roche ;
3. la constante diélectrique : capacité des roches à emmagasiner de l'énergie et à la restituer ; à la base de la polarisation provoquée (P.P.).

La mesure de ces propriétés permet d'atteindre une très vaste échelle de profondeurs d'investigation (Sondages DC : quelque mètres - Magnétotellurique : 20 à 100 km). Elles peuvent également permettre de faire ressortir des structures invisibles à d'autres méthodes (par exemple niveau d'eau est très souvent mieux définie par les méthodes électriques).

Ces trois propriétés sont à la base des méthodes électriques présentées dans ce cours. On retrouve cette matière dans Telford et al. (1990) aux chapitres 5, 6, 8 et 9, et dans Keary et Brooks (1991) au chapitre 8. Le dénominateur commun aux méthodes présentées dans ce chapitre est qu'on mesure un potentiel électrique. Par ailleurs, les mêmes propriétés seront utiles en prospection électromagnétique (EM) (méthodes présentés à la suite de cette partie). C'est la façon dont les courants électriques sont générés qui fait la différence fondamentale entre les méthodes DC et EM.

IV.2-2- Résistivité des roches et des minéraux :

La résistivité électrique est la propriété physique qui montre les plus forts contrastes en géophysique. Par exemple, l'argent natif présente une résistivité de $1.6 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$, alors que celle du soufre est de $1016 \Omega\text{m}$. On a donc 1024 ordres de grandeur de différence entre les deux.

Les variations de résistivité pour un minéral particulier sont énormes, et peuvent dépendre des impuretés et des cristaux. En général, dans les roches ignées, la résistivité apparente est élevée. Si la roche est saine, peu fracturée, pas poreuses, peu de fluide y circule et elle sera très résistante. Les fractures diminuent la résistivité.

Dans les sédiments et roches sédimentaires, la résistivité est généralement plus faible. Plus ces roches sont vieilles, tassées et profondes, plus la porosité diminue et la résistivité est élevée. En fait, le facteur déterminant de la résistivité d'un sol est la teneur en eau.

IV.2-3- Sondage électrique verticale (SEV) :

Pour un sous-sol homogène et isotrope, il est possible de trouver la résistivité du milieu en injectant du courant et en mesurant le ΔV ainsi créée. Pour un dispositif comme celui de la figure 3.4, la résistivité ρ se donne par la relation :

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \left[\frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}} \right]$$

K

Où : K est un facteur géométrique du dispositif d'électrode, et où les unités sont :
 $I = m.A$, $\Delta V = m.V$, $\rho = \Omega.m$, Distances = mètre.

Jusqu'ici, nos calculs de la résistivité du sol se sont basés sur l'hypothèse d'un sous-sol homogène et isotrope. Or, il n'en est rien en réalité. Le but de la prospection électrique est justement de permettre au géophysicien de se faire une image de la structure et des hétérogénéités du sol.

L'exploration par méthode à courant continu se fait de deux façons :

1. sondages électriques : exploration verticale (S.E.V) ;
2. profilage (traîné électrique) : exploration horizontale.

L'examen de sous-sols hétérogènes va nous amener à définir la notion de résistivité apparente (ρ_a).

Si dans un sous-sol hétérogène quelconque on injecte un courant I à l'aide d'un dipôle AB et qu'on mesure une différence de potentiel ΔV à l'aide d'un dipôle MN, chacune de ces quatre électrodes étant placée avec précision ou, alors la résistivité apparente ρ_a est donnée par l'équation suivante :

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

Elle correspond à la résistivité d'un sous-sol homogène pour lequel on mesurerait les mêmes valeurs ΔV et I pour le même dispositif d'électrodes. La résistivité apparente a donc la dimension d'une résistivité et est exprimée en $\Omega.m$.

La résistivité apparente n'est pas caractéristique d'un site donné car elle dépend du dispositif d'électrodes employé. La valeur de ρ_a n'a en conséquent aucune signification en soi (mesure relative).

IV.2-4- La polarisation provoquée :

Jusqu'ici on a supposé que lorsqu'on injectait un courant dans le sol, le potentiel mesuré en surface était obtenu instantanément et que d'une façon similaire, lorsque le courant est coupé, le potentiel tombe instantanément à zéro. Dans la pratique, il n'en est rien. Il existe un délai entre le temps où le voltage atteint son maximum et aussi pour qu'il tombe à zéro. Ces délais tombent dans deux catégories : instrumental et effet du sol. En général, les délais instrumentaux sont très faibles. Cependant le délai du sous-sol, lui, est souvent significatif. Il varie de place en place et le temps de délai et la forme de la courbe de décharge constituent des paramètres utiles pour l'investigation du sol.

IV.2-5- Résultats des travaux 1999 :

Les travaux d'essais programmés par ORGM sur le site de Merouana ayant pour objectif de vérifier certains indices minéralisés en Zn, Pb et Cu, ont prouvé l'efficacité des méthodes électriques qui ont donné les résultats suivants :

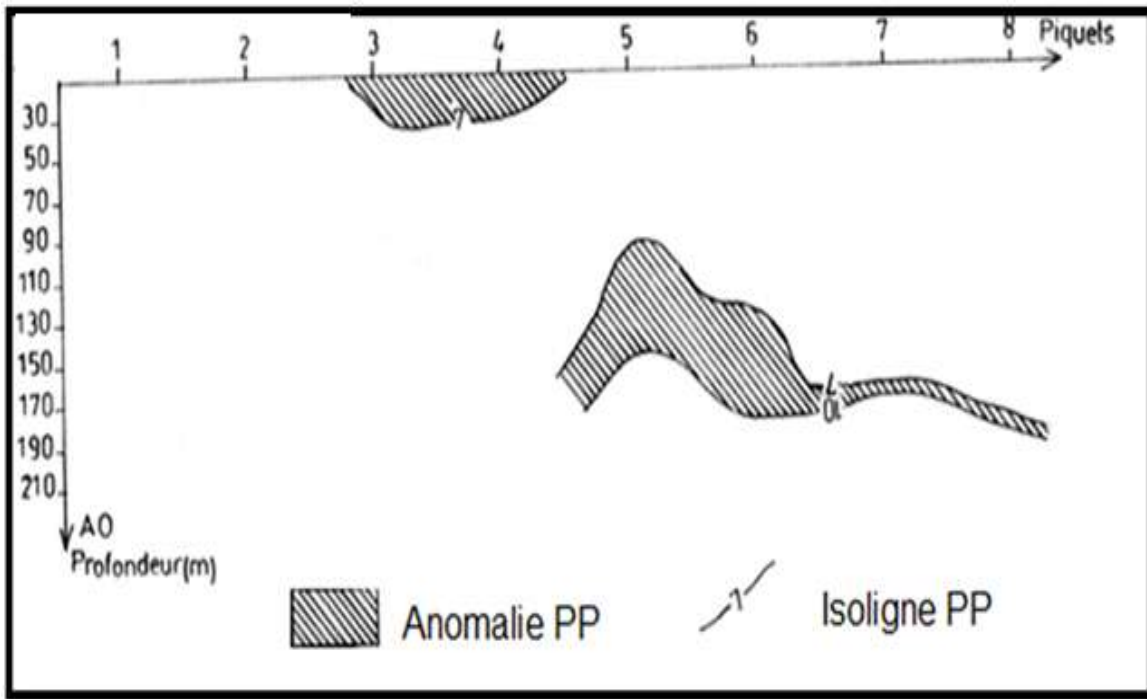


Figure IV.2.1 : Site Merouana profil PEC PP (η a ‰)

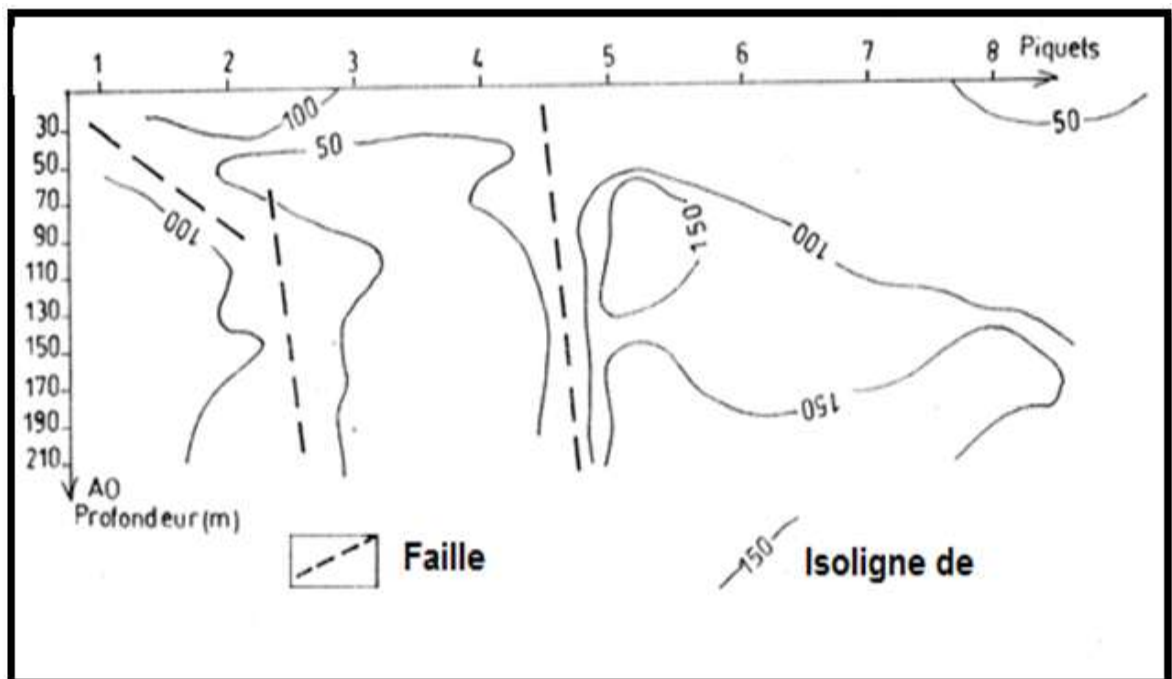


Figure.IV.2.2 : profil PEC PP résistivité ρ_a ($\Omega.m$)

Un profil PEC.PP a été réalisé sur les calcaires dolomitiques de l'Aptien supérieur où affleure la minéralisation plomb-zincifère en aval pendage recouvert par des sédiments quaternaires (voir Fig.IV-2.1)

L'anomalie relevée par le PEC.PP se situe à partir de plus de 105 m de profondeur et va de 7‰ à 10‰ en polarisabilité. Elle atteint un maximum de 16‰ pour un fond estimé à 4‰.

Sur le profil PEC.PP (voir Fig.IV-2.1) la résistivité varie de 50 à plus de 150 ohm.m. Les valeurs à forte résistivité se trouvent en profondeur alors que ceux à faible résistivité se trouvent près de la surface.

Il faut signaler ici qu'un ensemble d'accidents tectoniques est mis en évidence par les cinq premiers piquets.

IV.2-6- Travaux 2000

Au cours de l'année 2000, la PPGM à réaliser sur le site de Merouana 13 profils de longueur chacun de 1800m, un ensemble de points de S.E.V et un profil PEC.PP ont été réalisés le long du profil 02 dans le but de :

- ✓ Vérifier et confirmer les données (anomalies) PPGM et PEC.PP par forage.
- ✓ Déterminer la morphologie et les profondeurs des corps minéralisés.
- ✓ Application généralisée des méthodes électriques dans la région, pour mettre en évidence et en valeur d'éventuelles minéralisations.

IV.2-7- Résultats des travaux 2000 :

La carte d'anomalie de polarisabilité (Figure IV.2.3) montre un corps d'intensité supérieur à 6‰ et atteignant 29 à 35‰ en PP. Sa longueur est de 450 mètre et sa largeur est de 200 mètre, l'anomalie de forte polarisabilité est affectée par un accident tectonique de direction NE mis en évidence au cours des travaux effectués en 1999.

L'ensemble du site est représenté par une faible polarisabilité allant de 2 à 7‰ caractérisant les réponses PP des formations marneuses ou argileuses et celles calcaires, le fond est estimé de 4‰.

L'anomalie de polarisabilité est située entre les piquets 300 et 500 et recoupée par les profils 3A, 3, 2A, 2. Elle est orientée dans le sens NW-SE.

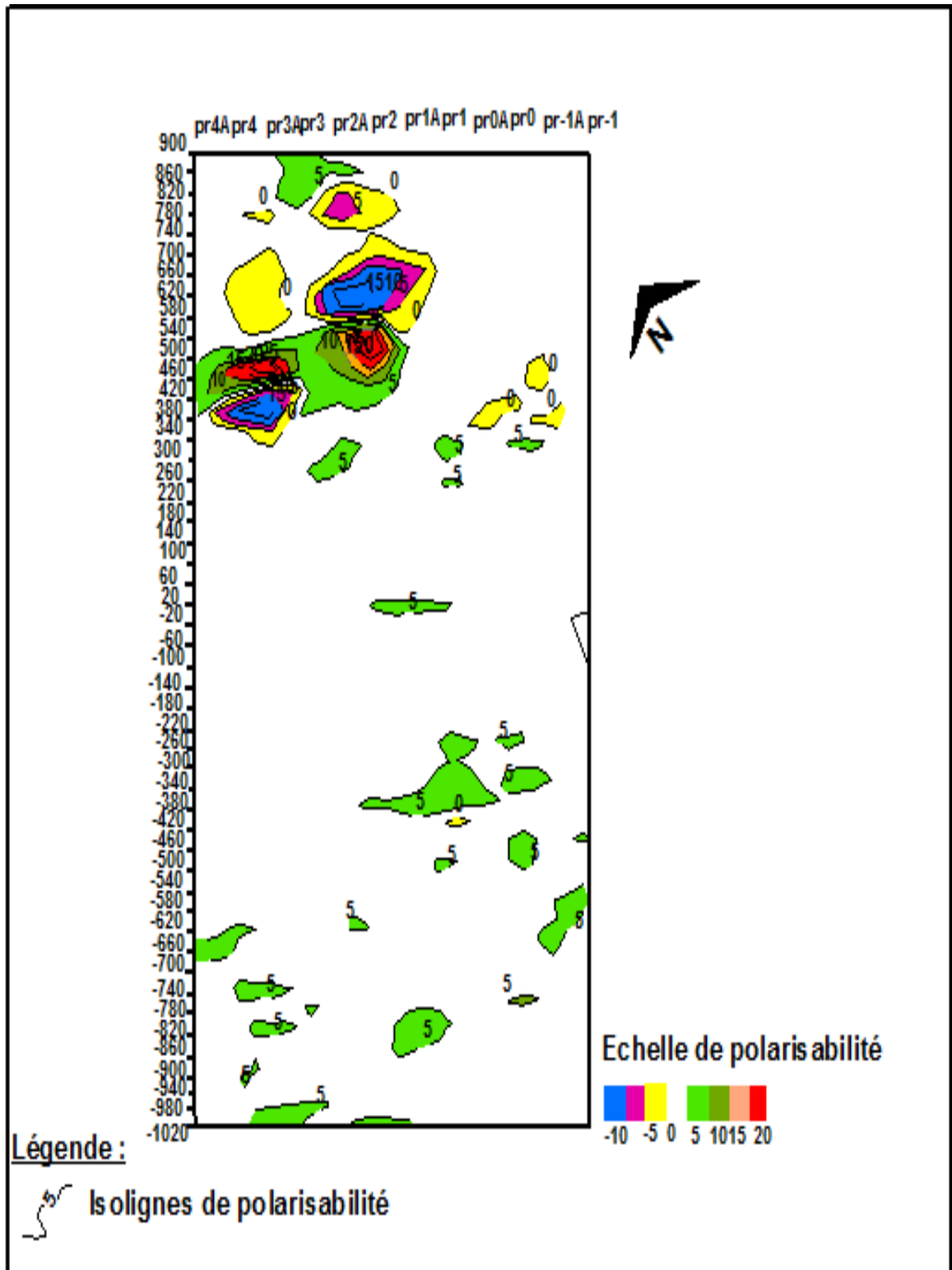


Figure IV.2.3 : Carte d'anomalie de polarisabilité de Merouana

(ORGM, 2000)

La résistivité du site varie de quelques dizaines à quelques centaines d’Ohm.m (Fig. IV.2.4)

Les zones de faibles résistivités inférieures à 100 Ω.m se situent au Sud et au Nord et occupent de faibles surfaces, elles peuvent représenter les dépôts quaternaire. Les résistivités élevées qui peuvent atteindre 500 Ω.m. Les anomalies de fortes résistivités sont de forme allongées et de direction SE-NW elles peuvent se rapporter aux formations calcaires et dolomitiques.

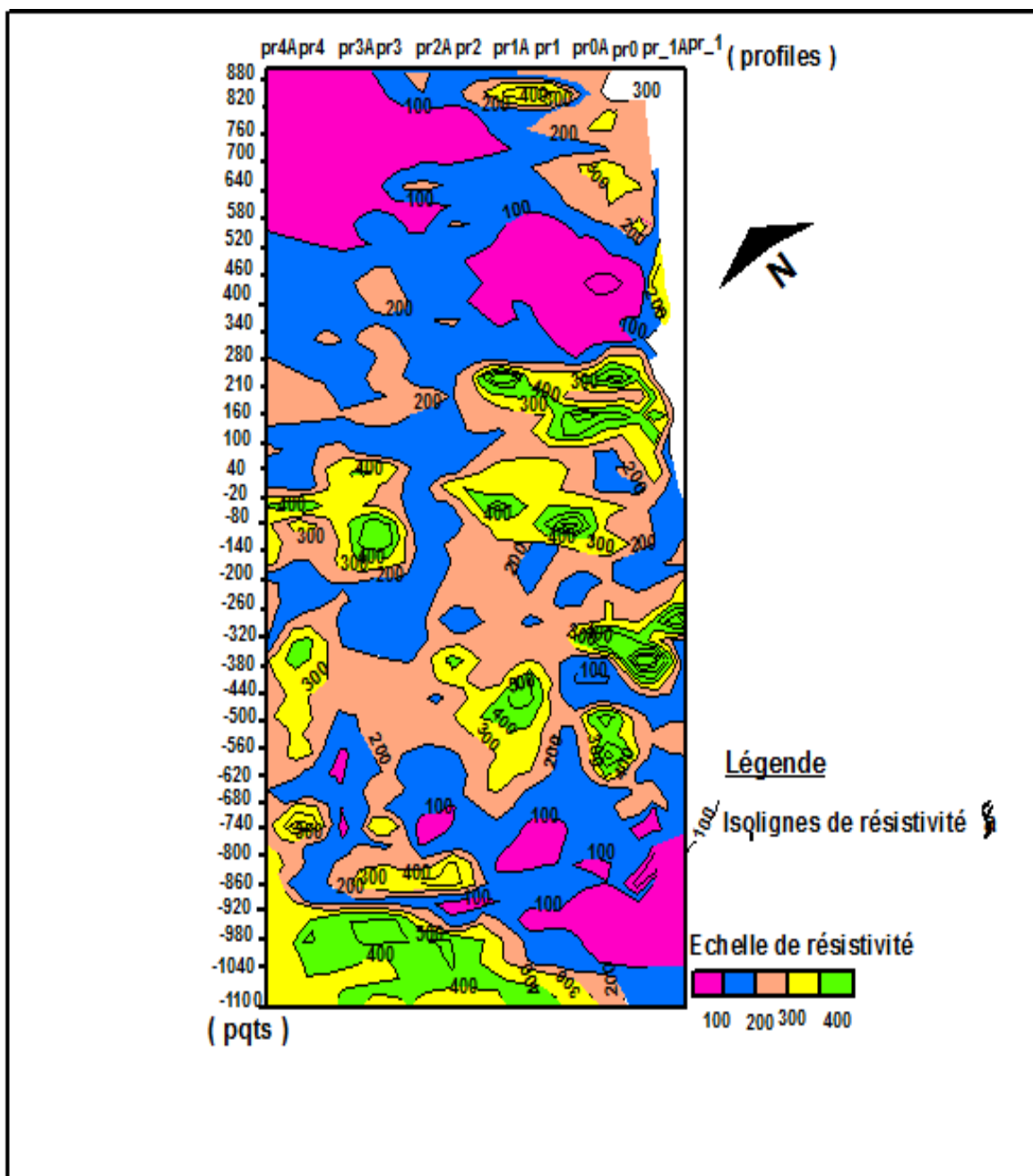


Figure IV.2.4 : Carte d’anomalie de la résistivité de Merouana

(ORGM, 2000)

IV.2-8- Les coupes géoélectriques :

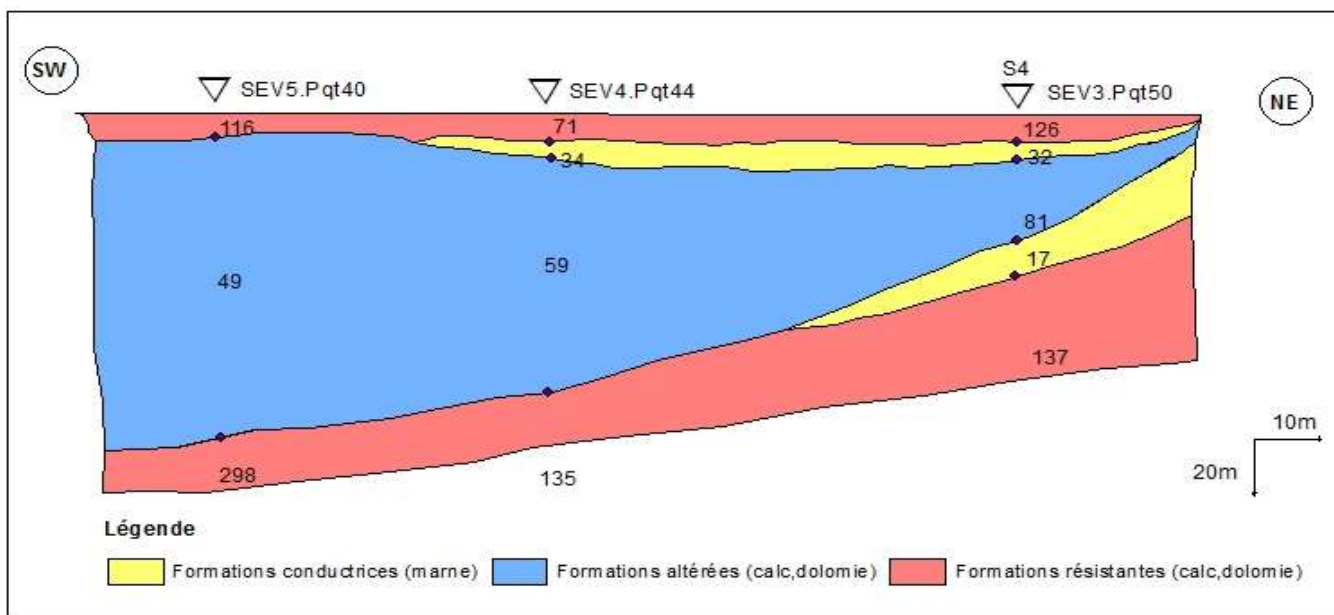
Les coupes géoélectriques à travers les S.E.V 3, 4 et 5 montrent des terrains résistants en surface avec une épaisseur assez faible, reposant sur des couches de résistivités allant de 50 à 100 Ω .m, l'épaisseur de ces formations varie de 16 m (piquet n°50) à 80m (piquet n°40) (Fig. IV.2.5).

Les formation minéralisées se situent à partir de 105 m de profondeur avec une résistivité de 135 à 137 Ω .m comme indiquée sur la coupe. Elle sont représentés comme des couches résistantes. Les couches résistantes et compactes se trouvent plus en profondeur avec des valeurs de résistivité variant de 100 à plus de 300 Ω .m.

Les formations conductrices constituées de marne se trouve à faible profondeur, compose entre deux formations résistantes avec des résistivités de l'ordre de 17 à 34 Ω .m et des épaisseurs varient entre 3 et 15m.

Les formations de moyenne résistivités on les retrouve a partir de 5 mètre de profondeurs constituée de calcaire et dolomie avec des résistivités varient de 49 à 81 Ω .m, elle se caractérise par une faible épaisseur au Nord-Est de l'ordre de 3 mètre et une épaisseur de 90 m au Sud-Ouest.

L'accident tectonique relevé sur la carte n'a pas affecté les zones où les S.E.V ont été réalisées.



IV.2.5 : Coupe géoélectrique à travers les SEV 3, 4 et 5

(Profil n°02 de Merouana)

IV.2-9- Conclusion :

Après avoir analysé et comparé les différentes cartes (polarité et résistivité) et les différentes coupes géoélectriques obtenus par les différents (S.E.V) effectué dans la zone d'étude, on constate que la concentration du minéral se localise dans la zone Nord-Ouest de la zone d'étude sur les profils allant de pr4 à pr1A, avec une profondeur allant de 300 à 700m.

Le corps minéralisé se trouve à partir d'une profondeur de 105 m avec une résistivité de l'ordre de 135 à 137 Ω .m. Ces résultats ont été vérifiés par le forage S₀₄ et il a prouvé l'efficacité des méthodes électriques sur les monts de Belezma.

Les couches résistantes et compactes se trouvent en profondeur avec des valeurs de résistivités variant de 100 à plus de 300 Ω .m.

Chapitre V : Modèle de gisement

V-1-Introduction :

Les auteurs nord-américains utilisent le terme de Mississippi Valley Type (MVT) pour désigner les minéralisations liées à des séries sédimentaires carbonatées. Ces gisements dans les carbonates contiendraient environ 130Mt de Pb+Zn, sur les 500 Mt mondiaux. Ils produisent également de grandes quantités de barytine et de fluorine et accessoirement de l'argent et du cadmium. Les gisements sont souvent de faible tonnage (1 Mt métal), mais les districts sont très importants (d'après SANGSTER, 1990) avec des tailles variant de un (MIBLADEN, Maroc) à 10 000 km² (Upper Mississippi VALLEY, USA) (Figure V.1).

Il faut noter toutefois qu'il existe des différences avec les gisements carbonatés européens à Pb-Zn qui eux sont généralement associés à des bassins de plus petite taille.

Les gisements Pb-Zn de type « MVT » sont connus depuis le Protérozoïque jusqu'au Tertiaire ; mais ils apparaissent souvent au Paléozoïque inférieur (Leach *et al.*, 2001).

Les minéralisations se placent dans un contexte de bassin intracratonique, voire de rift, en bordure des zones de plate-forme stable ou épi-orogénique. Ils correspondent à des gisements épigénétiques encaissés dans des calcaires et des dolomies, dont l'extension est parfois limitée à celle des corps minéralisés. Les corps minéralisés sont très irréguliers avec une taille qui varie de quelques dizaines de mètres quand ils sont perpendiculaires au litage à quelques centaines de mètres quand ils lui sont subparallèles. Ils sont souvent associés aux zones karstiques des séries sédimentaires carbonatées.

V-2- Caractéristiques générales des gisements M.V.T :

LEACH et SANGSTER, (1993), ont donné les caractéristiques générales des gisements M.V.T et qui se résument de façon suivante :

- Ces minéralisations sont souvent associées aux dolomies et rarement encaissées dans les calcaires et les grès.
- Les corps minéralisés sont épigénétiques et se présentent sous forme d'amas et le plus souvent sous forme de « stratabound ». Les concentrations ne sont associées à aucune activité magmatique, excepté les gisements de fluorite de l'Illinois – Kentucky et les gisements du champ des Pennines anglaises.
- Les minéralisations se localisent sur les flancs de bassins, préférentiellement à de faibles profondeurs. Elles se présentent dans des séquences carbonatées de plateformes.
- Les sédiments sont peu ou pas déformés en bordure de bassin. Les minéralisations couvrent des districts de plusieurs centaines de km² et souvent plusieurs districts se trouvent côte à côte pour former une province métallogénique.

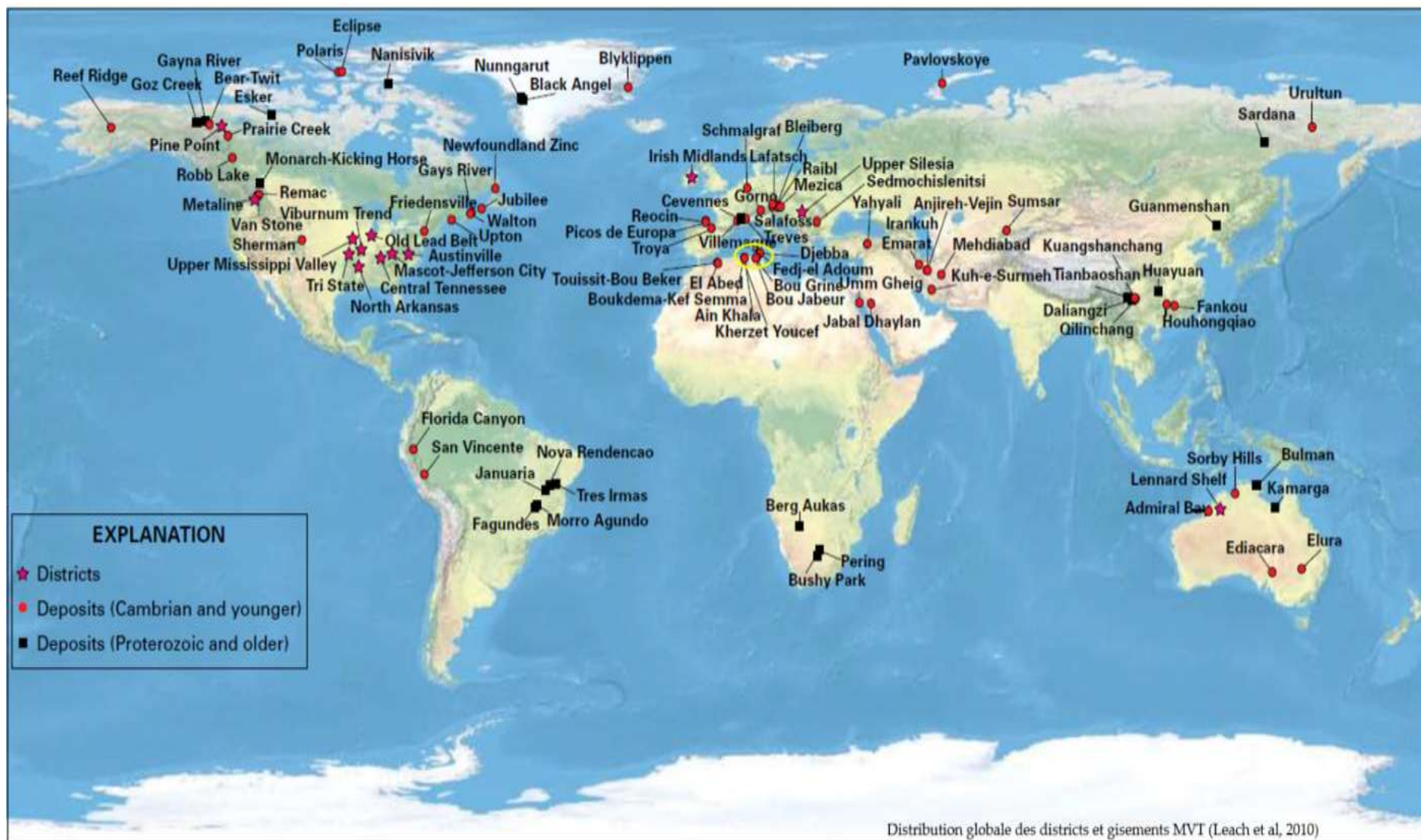


Figure V.1 : Distribution globale des districts et gisements (MVT)(Leach et al, 2010).

- Elles forment des districts caractérisés par des structures géologiques particulières qui favorisent la migration des fluides minéralisateurs depuis les parties basses des bassins vers les apex.
- Les températures de dépôt sont relativement faibles, mais assez élevées pour pouvoir être expliquées par une simple augmentation sous l'effet du gradient géothermique.
- Les minéralisations ont une composition minéralogique simple, elles sont constituées de sphalérite, galène, pyrite / marcasite, dolomite, calcite et quartz. Les altérations «hydrothermales» associées sont la dolomitisation, la silicification des roches encaissantes.
- Les saumures à l'origine des minéralisations MVT, sont probablement semblables aux fluides des champs pétrolifères. Les fluides minéralisateurs peuvent être assez chauds (200 °C), sont relativement denses avec une salinité de 10 à 30 % éq. Poids NaCl. Leur composition isotopique indique des sources crustales aussi bien pour les métaux (Pb) que pour le soufre réduit. Les textures des sulfures sont extrêmement variées et les minerais sont constitués par des cristaux fins ou grossiers, massifs ou disséminés.
- En général les gisements MVT sont associés aux zones intracratoniques. Dans le Mid Continent (américain), les minéralisations à Pb-Zn (Ba, F) se localisent dans une zone de rifting liée à de grands linéaments ainsi qu'à des intrusions magmatiques alcalines anté-minérales. Dans les Alpes orientales les minéralisations du même type se trouvent dans une ancienne plate-forme très mobile à la limite de la Téthys.

V-3- Modèle de gisement de Merouana :

Le gisement de Merouana appartient au flanc Nord de l'anticlinal de Belezma sur les deux rives de Oued Merouana (Dj. Boukhendouch et Tizourit).

La minéralisation n'est pas répartie le long de toute la série Aptienne, mais se concentre seulement dans deux grandes barres dolomitiques surmontées dans la plus part des cas par un écran argileux.

La dominance de la sphalérite et de la galène en deuxième position montre que la minéralisation est essentiellement sulfurée. Elle est assurée par le phénomène de dolomitisation effectué sur plusieurs stades donnant naissance à plusieurs générations de dolomites.

Pour J. Bertraneux (1955), l'origine de la minéralisation de Merouana est hydrothermale ; alors que pour J. Glaçon 1967, elle serait synsédimentaire.

Des études ultérieures sur certains gisements tel que : Tzila, Zdim, Kherzet Youssef ont abouti à une origine hydrothermale. Ce sont les résultats des travaux de Hanni (1984) et Touahri

(1987) pour le gisement de Kherzet Youcef. Ce dernier auteur propose pour les gisements hodnéens et dont le gisement de Merouana appartient un modèle où interviennent :

- Une mobilisation en profondeur des métaux de roches du socle anté-triasique par des eaux cornées.
- Une source potentielle des formations évaporitiques du Trias pour le soufre.
- L'abondance des sulfates aux cotés des sulfures peut être due à l'origine des sulfates à partir des évaporites. L'origine du soufre à partir des évaporites a été confirmée par les résultats des isotopes du soufre.
- Une mobilisation des métaux à partir de la couverture Mésozoïque ; la précipitation métallique est favorisée par la présence de matière organique et des sulfures de fer sur le site.
- Le drainage des fluides du sillon atlasique subside vers les plate-formes hautes est la mobilité des zones de jonction entre ces domaines paléogéographiques.

Les résultats microthermométrique relatifs aux températures d'homogénéisation (Th) obtenues à partir des mesures effectuées sur les inclusions fluides contenues dans la sphalérite et la dolomite (M. Bara O. Haddouche et A. Boutaleb, 2016) montrent que la sphalérite est probablement due à la circulation d'un fluide moins chaud (90 – 130°C) qui n'a aucun lien avec le magmatisme, alors que la dolomite tardive (post minérale) est issue d'un fluide plus chaud (90 - 290°C).

La salinité du fluide minéralisateur est marquée par des chiffres allant de 14.00 – 20.97% équi.NaCl. Cette salinité serait celles de fluide géoprésurés expulsés du bassin sédimentaire.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le gisement de Merouana se localise sur le versant Nord des monts de Belezma dans la zone de jonction de la terminaison orientale des monts du Hodna, avec la partie SW des monts de Belezma, il représente le flanc nord d'une structure anticlinale à cœur jurassique de direction NE-SW.

Ce gîte faisant partie géologiquement de l'ensemble autochtone aurésien, est limité dans sa partie septentrionale par les massifs de Mestaoua et dans sa partie méridionale par les Monts de Batna.

Les principales séries stratigraphiques du secteur de Merouana sont attribuées au Crétacé inférieur, comprenant essentiellement le Barrémien et l'Aptien en série monoclinale :

- La série Barrémienne est représentée par des argiles bariolées et des grès abondants silicifiés et des calcaires à Orbitolines.
- L'Aptien est représenté par une alternance des marnes, des calcaires à Orbitolines, des calcaires dolomités et des dolomies grises sombre à grain moyen bitumineuses.

La minéralisation de Merouana montre beaucoup d'analogie avec les minéralisations du Hodna et constitue le meilleur exemple représentatif des occurrences à Pb-Zn encaissées dans l'Aptien de toute la région du Hodna-Belezma.

La minéralisation se trouve dans la barre dolomitique massive de la base de l'Aptien (Glaçon, 1967) ou de l'Aptien supérieur (Vila, 1980). Les travaux miniers effectués sur les gîtes de Merouana (Bara, M., Haddouche, O. et Boutaleb, A, 2016) montrent qu'ils ont des formes variés. Celui de Tizourit est assimilé à des colonnes étroites et allongées, sinueuses de direction NW-SE ayant une épaisseur de 2 m environ. Le gîte de Boukendouch semble avoir un contrôle tectonique, la minéralisation suit une faille de direction NW-SE, le long de laquelle les dolomies sont fissurées et bréchifiées.

Dans la plupart des cas la minéralisation se présente sous forme de remplissage de fissures de directions diverses. Celles-ci ont des tailles centimétriques à remplissage de sphalérite et accessoirement pyrite et galène associées à de la dolomite blanche. Les minéraux d'altération supergènes sont représentés par la covérite, smithsonite et cérusite

Les observations macroscopiques et microscopiques révèlent l'existence de plusieurs types de textures : texture mouchetée, texture veinulée, texture bréchique et texture rubanée

Les analyses géochimiques de surface n'ont pas donné de bons résultats, probablement à cause du nombre d'échantillons insuffisant dans les deux effleurements de Boukhendouch et Tizourit ; les teneurs en Zn sont plus élevées que celles du Pb, mais avec des teneurs généralement pauvres dans les 04 affleurements.

L'étude géophysique des différentes cartes (polarité et résistivité) et les coupes géoélectriques obtenus par les différents (S.E.V) effectués dans la zone d'étude, ont prouvé l'efficacité des méthodes géophysiques en indiquant un corps minéralisé sur une profondeur de 105 m.

Et enfin toutes les caractéristiques semblent réunies pour classer le gite de Merouana **dans** les gites le type MVT.

Recommandation

Pour éclaircir le rôle de la tectonique dans la distribution des solutions minéralisantes qui peuvent servir d'indicateurs, Nous recommandons :

- Des études géologo-structurales approfondies.
- Une prospection géochimiques tactique ponctuelle et du forage.
- Une cartographie plus fine afin de déterminer l'utilité du gite zinciplombifère du gisement de Merouana.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

- Bara, M., Haddouche, O. et Boutaleb, A. (2016) :** Les minéralisations à Zn-Pb de Merouana (Monts de Belezma, N-E de l'Algérie) : Contexte Géologique et apport de l'étude des inclusions fluides. Bulletin du Service Géologique de l'Algérie.
- Bara. M. (2014) :** Etude géologique et gîtologique des minéralisations à Zn-Pb de Merouana (Monts du Belezma) BATNA.
- Belkhiri K., (2006) :** Contrôle Rapide des Structures en Relation avec le Risque et Evaluation des Dommages Causés par une Catastrophe Naturelle : cas de séisme. Mémoire de Magister, Université El Hadj Lakhder, Batna, 121 p.
- Bensabra, H., Haroud, M.G. (2019) :** Pétrographie et minéralogie de l'encaissant carbonaté aptien et des minéralisations à Zn-Pb de la mine de Merouana (wilaya de Batna, Algérie nord-orientale) (diplôme Master, Université de Jijel).
- BERTRANEU, M., (1950-1952) :** Contribution à l'étude des Monts du Hodna; le massif de boutaleb, pub. serv. géol. algérie, nouvelle série, bull. n0 4.
- Boutaleb, A. (2001) :** Les minéralisations Pb-Zn du domaine Sétifien-Hodna : Gîtologie, pétrographie des dolomies, microthermométrie et implications métallogénique. Thèse. Doct. D'Etat, USTHB (FSTGAT), Alger. Algérie.
- Bulletin du service géologique de l'Algérie :** Mineralization's with Pb-Zn of Merouana (Belazma mounts, N-E Algeria): geological context and contribution of the fluid inclusions study.
- Bureau D. (1986) :** Approche sédimentaire de la dynamique structurale : Evolution Mésozoïque et devenir Tertiaire de la partie septentrionale du fossé Pré-Saharien (Sud-Ouest-Constantinois et Aurès, Algérie). Résumé de thèse de Doc. Es. Sces., Univ. P. M. C. , Paris Vi.
- El hadj Youcef Brahim, Mohamed Chadi (2014) :** étude sédimentologique de la série du Dj . Messaouda (région de Merouana, Algérie orientale). Science et technologie d – n ° 39, pp .61- 69.
- Glaçon, J. (1967) :** Recherche sur la géologie et les gîtes métallifères du tell Sétifien (Algérie). Publ. Serv. Géol. Algérie, (Nlle série) Bull, n°32.

- Guiraud R. (1973) :** L'évolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. *Revue de Géographie physique et de géologie dynamique* (2) , Vol. XVII, fasc. 4, pp. 427-446. Paris.
- Keary, P. et M. Brooks (1991):** An Introduction to Geophysical Exploration. Blackwell Scientific Publications, 2e édn.
- Leach, D.L., Taylor, R.D., Fey, D.L., Diehl, S.F., and Saltus, R.W., (2010):** A deposit model for Mississippi Valley-Type lead-zinc ores, chap. A of Mineral deposit models for resource assessment: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5070–A, 52 p.
- Marmi, R. (1989) :** Méthodologie de prospection géochimique appliquée à la recherche de gisement polymétallique du type Pb-Zn cas Bou Arif-Batna (Algérie). *Thèse Magister, Université de Constantine.*
- Michel Chouteau , Bernard Giroux. (2005) :** Méthodes électriques Notes de cours (Ecole Polytechnique)
- O.R.G.M (2000) :** Rapport sur prospection des polymétaux dans le Hodna oriental.
- SONAREM (1967) :** Rapport sur les travaux de prospection géologique dans les monts Batna - Aurès, 1966-67. - 194 p., 22 pl.ht.
- Telford, W. M., L. P. Geldart et R. E. Sheriff (1990):** Applied Geophysics. Cambridge University Press, 2e édn.
- TOUAHRI, B., (1987) :** Géochimie et métallogénie des minéralisations à Pb-Zn du Nord de l'Algérie. Th. Doct. Sc. Univ. Paris VI, 380 p.
- Vila, J. M. (1977) :** Notices explicatives de la carte géologique de Merouana n° 172, échelle 1/50.000.
- Vila, J. M. (1980) :** La chaîne alpine d'Algérie nord-orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse Doct. D'Etat, Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 665p.