

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université de Hassiba Benbouali Chlef**  
**Faculté de Génie Civil et d'Architecture**

**Mémoire de fin d'étude**  
**Présenté pour l'obtention du diplôme de Master 2**  
**En : Sciences de la terre et de l'univers**

**Spécialité : Géologie des bassins sédimentaires**

**Thème :**

**Contribution à l'étude géologique et métallogénique**  
**de la minéralisation polymétallique du massif de Ténès**  
**(Nord-Ouest Algérien)**

**Présenté par : ELATTAFI Abd elghani**

**Soutenu le 18/10/2024 devant le jury composé de :**

<b>Mr. Bouchenouk I</b>	Maitre assistant classe « A » à l'UHB-Chlef	Président
<b>Mr. Rahmani S</b>	Maitre assistant classe « B » à l'UHB-Chlef	Examineur
<b>Mme. Attoucheik L</b>	Maître de conférence « B » à l'UHB-Chlef	Encadreur
<b>Mr. Zeghari A</b>	Maitre assistant classe « A » à l'UHB-Chlef	Co-encadreur

**Année universitaire : 2023-2024**

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mes chers parents, Ahmed et Kheira, pour leurs sacrifices, leur amour inconditionnel, leur soutien et leurs prières. À mes chères sœurs et à toute ma famille.*

*À mes amis proches pour leur aide précieuse et leurs encouragements.*

*À toute la famille Elattafi ainsi qu'à la famille Sayeh Marzouk.*

*À mes enseignants, pour leur guidance tout au long de mon parcours académique.*

## Remerciements

Je remercie ALLAH, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la santé nécessaire pour mener à bien ce modeste travail.

Tout d'abord, ce mémoire n'aurait jamais vu le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mme. ATTOUCHEIK L.** Je tiens à lui exprimer ma sincère gratitude pour sa patience infinie, son aide précieuse, ses conseils avisés tout au long de ce travail, et pour la qualité exceptionnelle de son encadrement.

J'adresse également ma gratitude à **Mr. ZEGHARI A.** pour son aide précieuse dans notre travail, notamment pour la documentation et son accompagnement lors des missions de terrain, ainsi que pour ses conseils précieux.

Je remercie **Mr. BOUCHENOUK I.** d'avoir présidé le jury. Je remercie aussi **Mr. RAHMANI S.** d'avoir examiné ce modeste travail.

Je ne peux terminer cette liste sans exprimer ma plus sincère gratitude et mes remerciements à **Mme. DJAZAÏRI S.** pour son accueil chaleureux et son aide tout au long de notre formation au sein de la Division Laboratoires/SONATRACH à Boumerdès, ainsi qu'à tous les membres du CRD.

Mes remerciements vont également à **Mr. BOUDIAF M.** pour son accueil et son aide précieuse dans la détermination des sections polies.

Je tiens également à remercier l'ensemble des enseignants du domaine science de la terre et de l'univers (STU) de l'UHBC (Chlef) pour leur enseignement et les connaissances qu'ils nous ont transmises tout au long de notre parcours universitaire.

## Résumé

Le nord Algérien abrite de nombreuses ressources minérales, principalement dans les massifs montagneux de l'Atlas tellien. Ces formations géologiques complexes comportent souvent des métaux tels que le fer, le plomb, le zinc, le cuivre, l'or et l'argent qui sont importants pour l'économie de pays.

Les massifs de Ténès (notre zone d'étude) appartenant de Dahra oriental, sont caractérisés par une tectonique intense liée à l'orogénèse alpine. Cette dernière a généré des minéralisations polymétalliques, principalement de type hydrothermal, encaissées dans le calcaire dolomitique et calcaire cagneule, situées principalement au contact anormal (Crétacé-Trias infra-Lias) telle que celles rencontrées au site de Flita ; et d'origine chimique encaissées dans les grés quartzitique au contact stratigraphique (Crétacé-Miocène inférieur) telle que celles rencontrées au site de Bouhalou.

Le travail d'étude réalisé dans les deux sites a révélé la présence des corps minéralisés sous forme d'amas, filons et filonnets riches en oxydes, hydroxydes et de carbonates de fer (hématite, limonite, goethite et sidérite), en sulfures de fer (chalcopyrite), en sulfure de cuivre (Covélite, Malachite, Azurite et Cuivre gris) ainsi que le cuivre natif. Ces métaux sont considérés comme une base pour le développement économique local pour la wilaya de Chlef et général pour toute l'Algérie.

**Mots clés :** Ressources minérales, massifs de Ténès, minéraux, métaux, minéralisation, polymétalliques, hydrothermal, Flita, Bouhalou, amas, filons, corps minéralisés.

## **Abstract**

Northern Algeria hosts numerous mineral resources, primarily in the mountainous massifs of the Tell Atlas. These complex geological formations often contain metals such as iron, lead, zinc, copper, gold, and silver, which are important for the country's economy.

The Ténès massifs (our study area), part of the eastern Dahra, are characterized by intense tectonics related to the Alpine orogeny. This has generated polymetallic mineralizations, mainly of hydrothermal type, embedded in dolomitic limestone and cagneule limestone, primarily at the abnormal contact (Cretaceous-Triassic infra-Lias) as encountered at the Flita site, and of chemical origin embedded in quartzitic sandstones at the stratigraphic contact (Cretaceous-Lower Miocene) as encountered at the Bouhalou site.

The study conducted at both sites revealed the presence of mineralized bodies in the form of masses, veins, and veinlets rich in oxides, hydroxides, and iron carbonates (hematite, limonite, goethite, and siderite), iron sulfides (chalcopyrite), copper sulfides (covellite, malachite, azurite, and gray copper) as well as native copper. These metals are considered a basis for local economic development for the wilaya of Chlef and generally for all of Algeria.

**Keywords:** mineral Resources, minerals, metals, mineralization, Massifs of Tenes, polymetallic, hydrothermal, Flita, Bouhalou, masses, veins, mineralized bodies

## ملخص

يحتوي شمال الجزائر على العديد من الموارد المعدنية، خاصة في الكتل الجبلية للأطلس التلي. تحتوي هذه التكوينات الجيولوجية المعقدة غالباً على معادن مثل الحديد والرصاص والزنك والنحاس والذهب والفضة، وهي مهمة لاقتصاد البلاد.

تتميز كتل تنس (منطقة دراستنا)، التي تنتمي إلى الظهرة الشرقية، بتكونية شديدة مرتبطة بالتكوين الألبى. وقد أدى ذلك إلى توليد تمعدنات متعددة المعادن، معظمها من النوع الحراري المائي، مدججة في الحجر الجيري الدولوميتي والحجر الجيري الكارنيولي، خاصة عند الاتصال غير الطبيعي (الطباشيري-الترياسي تحت اللياسي) كما هو موجود في موقع فليتا، ومن أصل كيميائي مدججة في الأحجار الرملية الكوارتزيتية عند الاتصال الطبقي (الطباشيري-الميوسيني السفلي) كما هو موجود في موقع بوحلو.

كشفت الدراسة التي أجريت في كلا الموقعين عن وجود أجسام معدنية على شكل كتل، عروق وعروق صغيرة غنية بالأكاسيد، الهيدروكسيدات وكربونات الحديد (الهيمايت، الليمونيت، الجيوثيت والسيدريت)، كبريتيدات الحديد (الكالكوبيريت)، كبريتيدات النحاس (الكوفليت، المالاكيت، الأزوريت والنحاس الرمادي) وكذلك النحاس الأصلي. تعتبر هذه المعادن أساساً للتنمية الاقتصادية المحلية لولاية الشلف وبشكل عام لجميع الجزائر.

الكلمات المفتاحية : مصادر معدنية، المعادن، التمدن، متعددة المعادن، الحراري المائي، فليتا، بوحلو، الكتل، العروق، الكتل الجيولوجية بتنس، اجسام متمعدنة

# Sommaire

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

## Introduction générale

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## Chapitre I: Généralités

1. Introduction.....	2
2. Les caractéristiques de minéralisations polymétalliques.....	2
2.1. La composition.....	2
2.2. L'origine.....	2
2.3. La morphologie.....	3
3. Répartition des gisements polymétalliques.....	5
3.1. Répartition des gisements polymétalliques dans le temps et dans l'espace.....	5
3.2. Répartition des gisements polymétalliques dans le monde .....	5
3.3. Répartition des minéralisations polymétalliques en Algérie.....	6
4 .Méthodologie et objectifs du travail.....	7
4.1. Consultation des ouvrages.....	7
4.2. Sur le terrain.....	8
4.3. Au laboratoire.....	8
5. Conclusion.....	9

## Chapitre II : Cadre géographique et géologique

1. Cadre géographique .....	10
2. Cadre géologique régionale .....	11
2.1. Introduction .....	11
2.2. Les domaines géologiques des maghrébides.....	11
3. Cadre géologique local .....	13
3.2. Les dépôts volcaniques .....	15
3.2. Tectonique locale.....	15

## Chapitre III: Etude sédimentologique

1. Introduction.....	17
2. Description des coupes étudiées.....	18
❖ <i>Coupe 1 : Ex Carrière de calcaire</i> .....	18
✓ L'ensemble A.....	20
✓ L'ensemble B.....	21
❖ <i>Coupe 2 : Djebel Hadid 1 (début de la faille minéralisée)</i> .....	22
✓ Le substratum .....	24
✓ L'encaissant .....	24
✓ L'unité des calcaires jurassiques .....	25
✓ L'unité de recouvrement.....	25
❖ <i>Coupe 3 : Djebel Hadid 2 (fin de la faille minéralisée)</i> .....	26
✓ Le substratum .....	28
✓ L'encaissant .....	28
✓ L'unité des calcaires jurassiques.....	28
✓ L'unité de recouvrement .....	29
❖ <i>Coupe 4 : Bouhalou</i> .....	30
✓ L'unité A.....	30
✓ L'unité B.....	31
✓ L'unité C.....	32
3. Conclusion .....	32

## **Chapitre IV : Etude métallogénique**

1. Introduction.....	34
2. Historique de la zone d'étude.....	34
3. Description et morphologie des corps minéralisés .....	35
4. Observation macroscopique.....	37
4.1. Description macroscopique des échantillons du site A.....	37
4.2. Description macroscopique des échantillons du site B.....	39
5. Observation microscopique.....	40
6. Conclusion .....	45

### **Conclusion générale**

Conclusion générale .....	46
Références bibliographiques .....	48

## Liste des figures

<b>Fig.01</b> : Contextes géodynamiques et grands types de gisements (Jébrak et al, 2008).....	2
<b>Fig.02</b> : Morphologie des gisements polymétalliques. (a) minéralisation en amas, (b) minéralisation stratiforme, (c) minéralisation en filon et minéralisation disséminée dans un filon et dans les formations calcaire gréseux (roche encaissante) (d) (Jébrak et al, 2008), (e) minéralisation en skarn (Grigoryev et al. 1990)..	4
<b>Fig.3</b> : Situation géographique des deux sites étudiés (Google maps, 2022) .....	10
<b>Fig.4</b> : Carte structurale schématique de la chaîne Maghrébides montrant la disposition des zones internes, intermédiaires et externes (Durant-Delga ,1980). .....	13
<b>Fig.5</b> : Coupe schématique montrant la disposition des flyschs (Durant-Delga ,1980).....	13
<b>Fig.6</b> : Localisation géographique du bassin du Bas Chéelif (d'après Perrodon, 1957) .....	14
<b>Fig.7</b> : Carte géologique des environs de Ténès (extrait de la carte de Ficher et al, 1913) avec localisation du secteur d'étude (modifiée) .....	15
<b>Fig.08</b> : Légende générale des figurées et des symboles utilisées .....	16
<b>Fig.09</b> : Photos satellite montrant la position des différentes coupes levées (Google earth, 2024).....	17
<b>Fig.10</b> : Coupe lithostratigraphique de l'ex carrière de calcaire de Flita.....	19
<b>Fig.11</b> : Photos montrant la formation des conglomérats chenalisés.....	20
<b>Fig.12</b> : Photos montrant la formation grès conglomérat-marne à bivalves.....	21
<b>Fig.13</b> : Photos montrant l'unité B à formation de calcaire gréseux.....	22
<b>Fig.14</b> : Coupe lithostratigraphique de Djebel Hadid 1 (début de la faille minéralisée) .....	23
<b>Fig.15</b> : Photos montrant (a) la formation de brèche dolomitique et (b) la formation de calcaire dolomitique et dolomie cargneule riche en minéraux polymétalliques .....	24
<b>Fig.16</b> : Photos montrant la formation du calcaire liasique (jurassique).....	25
<b>Fig.17</b> : Photos montrant la formation de calcaire gréseux fossilifère. ....	28
<b>Fig.18</b> : Photos montrant un bloc remanié de calcaire jurassique et marnes miocènes.....	28
<b>Fig.19</b> : Coupe lithostratigraphique de Djbel Hadid 2 (fin de la faille minéralisée) .....	27

<b>Fig.20</b> : Photos montrant des corps minéralisés encaissés dans la dolomie cargneule.....	28
<b>Fig.21</b> : Photo montrant les deux formations de conglomérat bréchique et le calcaire liasique .....	29
<b>Fig.22</b> : Photo montrant le contact entre les deux formations de calcaire liasique, et les marnes du Miocène inférieur. ....	29
<b>Fig.23</b> : Coupe lithostratigraphique du site de Bouhalou (Zaghari en 2022(inédit)).....	30
<b>Fig.24</b> : Photos montrant le contact entre le schiste et la formation des grés quartzitiques renfermant de la minéralisation polymétallique... ..	31
<b>Fig.25</b> : Photos montrant le contact entre le schiste et la formation des grés quartzitique renfermant de la minéralisation polymétallique.. ..	32
<b>Fig.26</b> : Coupe géologique de Djebel Hadid (Brives ,1891) modifiée.....	35
<b>Fig.27</b> : Photos montrant les corps minéralisés du site A : (a) amas minéralisés d'hématite et de limonite encaissés dans les calcaires dolomitiques cargneules (Trias infra Lias) au contact avec le schiste (Crétacé), (b) amas minéralisés à hématite rouge, limonite et goethite. ....	36
<b>Fig.28</b> : Photos montrant les corps minéralisés du site A : (a) filonnets centimétriques minéralisés (sidérite) encaissés dans les calcaires jurassiques et (b) filonnet centimétrique minéralisé de sidérite-hématite encaissé dans les calcaires dolomitiques trias infraliasiques .....	36
<b>Fig. 29:</b> Photos montrant les filons Nord-Sud minéralisés (sidérite-hématite) du site B, localisés au contact Crétacé (schiste) et Miocène (grés). ....	37
<b>Fig.30</b> : Photographie montrant en (a) association d'hématite massive et des cristaux rhomboédriques de calcite, encaissée dans un calcaire dolomitique ; en (b) hématite massive avec goethite en cristaux mamelottes remplissant les cavités. ....	37
<b>Fig.31</b> : Photographie montrant en (a) hématite rouge massive et quelques vacuoles remplies par la goethite mamelotte, (b) association de l'hématite rouge et massive brute concrétionnée avec limonite.....	38
<b>Fig.32</b> : Photos montrant l'hématite noire et rouge massive renfermant une plage de chalcopryrite.....	38
<b>Fig.33</b> : Photos montrant l'association minéralogique à : (a) hématite, limonite, chalcopryrite, malachite, azurite et cuivre, (b) une plage de chalcopryrite associée aux : limonite, azurite et glaucophane.....	39
<b>Fig.34</b> : L'encaissant (grés) remplacé par l'hématite brute rouge avec veinule remplie par le quartz, (a) limite entre l'encaissant (grés) et l'hématite rouge, (b) remplacement quasi total de grés par l'hématite brute rouge. ....	39
<b>Fig.35</b> : Photographie des échantillons de site B : (a) Association minérale en structure rubanée calcite-hématite-limonite, (b) association minéralogique d'hématite massive, limonite, goethite, malachite et azurite.....	40
<b>Fig. 36</b> : Photographie de la section polie AF9 montrant la minéralisation polymétallique à hématite, sidérite et chalcopryrite grossièrement $\times 10$ . ....	41
<b>Fig. 37</b> : Photographie des sections polies montrant la minéralisation polymétallique à hématite, sidérite et chalcopryrite grossièrement $\times 10$ (a), et l'association minéralogique à hématite, chalcopryrite, probablement de la covellite et le cuivre gris grossièrement $\times 20$ .....	42
<b>Fig.38</b> : Diffractogramme de l'échantillon AF 9.....	43
<b>Fig.39</b> : Diffractogramme de l'échantillon AF12.....	43

## Liste des tableaux

<b>Tab.01</b> : Répartition des gisements polymétalliques liée aux contextes géologiques selon les continents et les pays.....	6
<b>Tab.02</b> : Répartition des gisements polymétalliques en Algérie selon les régions.....	7
<b>Tab. 03</b> : Pourcentage total en oxydes de l'échantillon AF9 (site de Flita) .....	44
<b>Tab. 04</b> : Pourcentage total en oxydes de l'échantillon BH3 (site de Bouhalou) .....	44

# **Introduction générale**

### Introduction générale

Les ressources minérales constituent l'une des bases de la civilisation. Elles sont l'un des moteurs, non seulement de l'économie mondiale, mais également du progrès de nos sociétés. L'Algérie possède un potentiel géologique intéressant, en substances métalliques, qui offre à l'industrie des ressources considérables et variées. En effet, le Nord occidental de l'Algérie, plus particulièrement le Dahra oriental ou Dahra algérois dont fait partie la zone d'étude, recèle plusieurs indices et gisements polymétalliques répartis dans des domaines géologiques bien distincts, étroitement liés à l'évolution paléogéographique et tectonique de la chaîne Alpine.

Les massifs de Ténès, situés au Nord-Ouest Algérien, ont été affectés par une tectonique intense associée par la mise en place des minéralisations polymétalliques comme celles qui existent dans les sites choisis, dont le site de Flita, situé au Sud-Ouest de la ville de Ténès et le site de Bouhalou situé au Sud-Est de la ville de Ténès. Ces deux sites renferment des mines à minéralisations polymétalliques connues depuis l'époque française, et dont le fer vient en premier rang. Ces deux mines abandonnées depuis l'indépendance de l'Algérie, ont été choisies pour effectuer de nouvelles recherches et explorations afin de bien caractériser ces minéralisations dans leur contexte minéralogique et sédimentologique.

# **Chapitre I:**

## **Généralités**

## Généralités

### 1. Introduction

Les minéralisations polymétalliques sont des ressources naturelles importantes pour l'industrie métallurgique. Elles sont exploitées pour produire des métaux qui sont utilisés dans une grande variété d'applications, telles que : la construction, l'électronique, l'automobile et l'industrie chimique. Elles se trouvent sous forme de gisement naturel qui contient plusieurs métaux en quantité exploitable.

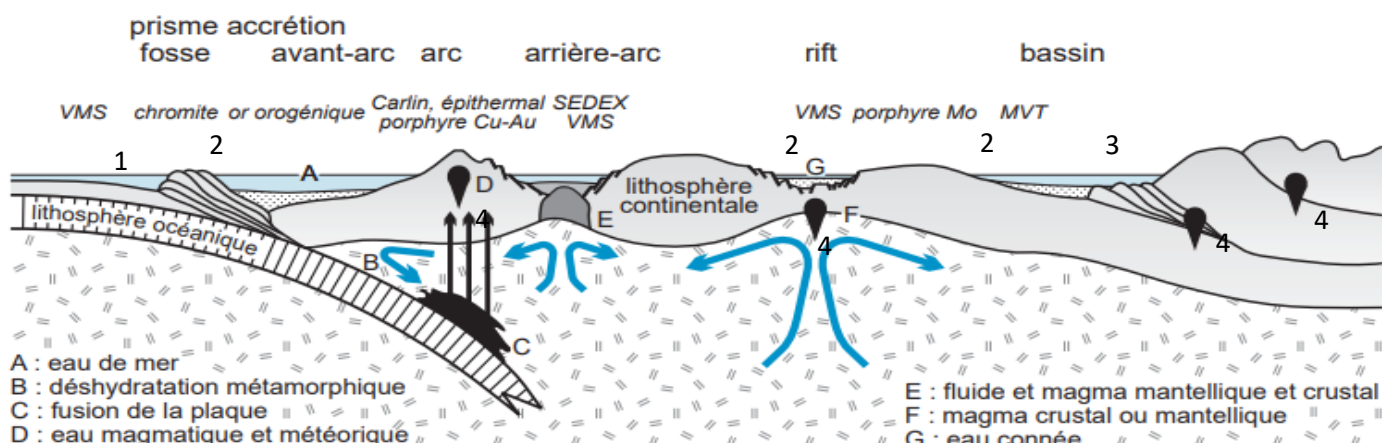
### 2. Les caractéristiques des minéralisations polymétalliques

#### 2.1. La composition

Les minéralisations polymétalliques se composent de plusieurs métaux en quantité exploitable, généralement au moins trois. Les métaux les plus communément associés dans les minéralisations polymétalliques sont : Le cuivre (Cu), le plomb (Pb), le zinc (Zn), l'argent (Ag) et l'or (Au). D'autres métaux peuvent être également présents, tels que le nickel (Ni), le cobalt (Co), l'antimoine (Sb), l'arsenic (As) et le bismuth (Bi).

#### 2.2. L'origine

La majorité des minéralisations polymétalliques se forment dans des contextes géologiques spécifiques, ces contextes ont une relation directe avec la géodynamique de la terre, la figure ci-dessous (Fig.01) montre les différentes zones propices des minéralisations polymétalliques dont :



**Fig.01** : Contextes géodynamiques et grands types de gisements (Jébrak et al, 2008)

✓ **Les zones de convergence de plaques tectoniques (1) :**

Lors de la subduction d'une plaque océanique sous une autre plaque, des fluides hydrothermaux riches en métaux sont libérés. Ces fluides peuvent circuler dans la croûte terrestre et précipiter les métaux qu'ils transportent, formant ainsi des gisements polymétalliques.

✓ **Les marges continentales (2) :**

Les rifts et les bassins sédimentaires peuvent être des zones favorables à la formation de gisements polymétalliques. Les métaux peuvent provenir de l'érosion des continents ou de l'activité hydrothermale.

✓ **Les bassins sédimentaires (3) :**

Des événements géologiques spécifiques, comme les changements de salinité ou de PH, peuvent précipiter des métaux dissous dans les eaux marines, formant des gisements stratiformes.

La formation des gisements dans les grands bassins sédimentaires repose sur trois paramètres majeurs : (1) un contexte hydrogéologique permettant la migration des fluides, et dans lequel les fluides de subsurface peuvent accéder à de grands volumes de roche-source ; (2) un mécanisme hydrologique autorisant des migrations pendant plusieurs millions d'années, de manière continue ou épisodique ; (3) un mécanisme géochimique permettant de transporter les métaux et de les déposer dans des zones de focalisation des fluides. Ces trois paramètres s'appliquent aussi bien aux gisements SEDEX (Sedimentary exhalative) qu'à ceux de type MVT (Mississippi Valley-Type) (Jébrak et al, 1980)

✓ **Les environnements volcaniques (4) :**

Les volcans peuvent libérer des gaz et des fluides riches en métaux qui peuvent se condenser et précipiter, formant des gisements polymétalliques. Le type de minéralisation polymétallique dépend de la composition du magma ou du fluide hydrothermal à l'origine de la formation du gisement.

### 2.3. La Morphologie

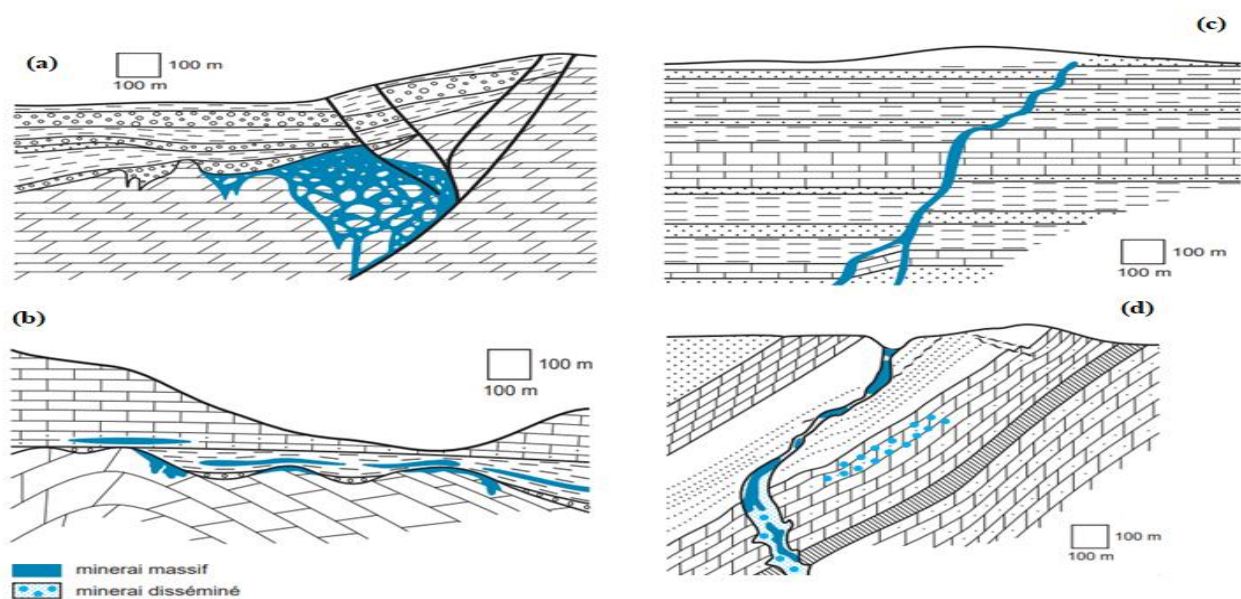
Les minéralisations polymétalliques peuvent se présenter sous différentes formes, telles que :

-Des amas (Fig.02 (a)) : Ce sont des concentrations massives de minéraux métalliques et dont la forme ne présente pas un caractère stratiformes ou de caractère filonien. Leur taille varie de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.

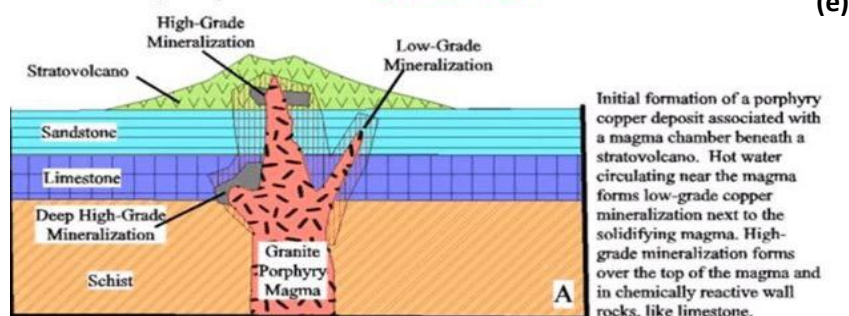
-Des strates (Fig.02 (b)) : Appelées aussi horizons porteurs ou horizons minéralisés. Ces horizons porteurs sont de nature généralement sédimentaire ou volcanique. Ils peuvent être minéralisés sur des distances atteignant plusieurs kilomètres de long et de large, pour une épaisseur (ou puissance) plus limitée, variant de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres.

-Des filons (Fig.02 (c)) : Les filons ou les veines correspondent à des minéraux métalliques qui remplissent des fractures (fissures ou failles) dans la roche encaissante. Ces fractures sont le plus souvent verticales ou fortement inclinées.

-Des disséminations (Fig.02 (d)) : Des minéraux métalliques dispersés dans la roche.



### Porphyries - Skarns



**Fig.02** : Morphologie des gisements polymétalliques : minéralisation en amas (a), stratiforme (b), filon (c), disséminée dans un filon dans les formations calcaire gréseux (d) (Jébrak et al, 2008), et minéralisation en skarn (e) (Grigoryev et al. 1990)

### 3. Répartition des gisements polymétalliques

#### 3.1. Répartition des gisements polymétalliques dans le temps et dans l'espace

La distribution des gisements est très hétérogène, à la fois dans le temps et dans l'espace (Jébrak et al, 2008). Ainsi, dans le temps, certaines périodes géologiques sont particulièrement favorables à la formation de gisements, par exemple : la fin de l'Archéen ou le Crétacé pour les gisements de cuivre, le Tertiaire pour les gisements de molybdène. Ces périodes géologiques correspondent à des crises géologiques marquées par d'intense magmatisme et/ou hydrothermalisme qui génèrent des concentrations minérales en grand nombre (Jébrak et al, 2008).

Dans l'espace, la répartition des gisements est également très inégale. On distingue des unités métallifères à des échelles différentes (Michel et al, 1964).

- Un gisement correspond à plusieurs corps minéralisés plus ou moins proches dont la plus grande dimension est généralement inférieure au kilomètre.
- Un champ minéralisé correspond au regroupement de plusieurs gisements, ses dimensions varient de 1 à 10 km.
- Un district minéralisé regroupe plusieurs champs dans une aire assez restreinte allant de 10 à 100 km.
- Enfin, une aire ou une province métallogénique correspond à une zone riche d'un métal donné, quels que soient l'âge et le type des gisements présents.

#### 3.2. Répartition des gisements polymétalliques dans le monde

La répartition des gisements polymétalliques dans l'écorce terrestre est étroitement contrôlée par la tectonique globale de la terre. Les ressources minérales sont très inégalement réparties dans le monde. Certaines régions comme le Canada, l'Australie, l'Afrique du Sud et le Brésil, sont richement dotées par les gisements polymétalliques, alors que d'autres régions en semblent dépourvues. La formation des gisements nécessite des conditions exceptionnelles qui ne sont réunies que dans certains endroits particuliers de notre globe.

Le tableau 01, résume les types de gisements et les métaux principaux variant selon les continents et les pays :

**Tab.01** : La répartition des gisements polymétalliques est liée aux contextes géologiques selon les continents et les pays

Continent	Payes	Types de gisement	Métaux principaux	Exemples de gisements
Amérique du nord	Canada	Volcanique, filonien	Cu, Zn, Pb, Ag, Au	Sudbury, Kidd Creek
Amérique du sud	Chili	Porphyrique, skarn	Cu, Mo, Au	El Teniente, Chuquicamata
Europe	Pologne	Stratiforme	Cu, Zn, Pb, Ag	Kupferschiefer
Afrique	Zambie	Stratiforme	Cu, Zn, Pb, Co	Copper belt
Afrique	Afrique du Sud	Filonien, hydrothermal	Au, U, pyrite	Witwatersrand, Klerksdorp
Asie	Chine	Filonien, skarn	Cu, Zn, Pb, Ag, Mo	Tongling, Dexing
Océanie	Australie	Filonien, hydrothermal	Pb, Zn, Ag, Au	Broken Hill, Mount Isa

### 3.3. Répartition des minéralisations polymétalliques en Algérie

L'Algérie possède un potentiel important en minéralisations polymétalliques, qui offrent à l'industrie des ressources considérables et variées. Divers gisements polymétalliques sont répartis dans différentes régions du pays (Ministère de l'industrie et des mines, 2015) dont l'exemple de Tab.02.

**Tab.02** : Répartition des gisements polymétalliques en Algérie selon les régions

Région	Types de gisement	Métaux principaux	Exemples de gisements
Béjaïa	Filonien	cuivre, plomb, zinc et argent	gisement d'Akfadou
Tlemcen	Filonien	plomb, zinc et barytine	gisement d'El Abed
Skikda:	Filonien	or, argent, cuivre et plomb	gisement d'El Goudi
Massif du Hoggar	Stratiforme	plomb, or, zinc et vanadium	gisement d'Amessmessa
Bassin de Tindouf	Stratiforme	fer, cuivre, plomb et zinc	gisement de Gara Djebilet
Annaba	Skarn	Skarns à cuivre, fer ...	gisement de Chetaibi
Tébessa	Skarn	Skarns à plomb, fer, zinc et argent	gisement de Boukhadra

#### 4. Méthodologie et objectifs du travail

Le but de ce travail consiste en l'étude de la minéralisation polymétallique des deux sites dont « le site A » se situe au Sud-Ouest de Ténès et « le site B » au Sud-Est de Ténès). Pour cela, deux sorties de terrain ont été entreprises, afin de repérer les zones minéralisées. Au cours de cette mission, un important échantillonnage a été réalisé à des niveaux précis dans quatre stations distinctes. Ces échantillons ont servi à la confection de sections polies qui sont à la base de l'étude minéralogique et de l'établissement de la succession paragenétique, ainsi que les analyses chimiques (DRX et FX).

La réalisation de ce travail est passée par plusieurs étapes dont :

#### **4.1. Consultation des ouvrages :**

On a consulté plusieurs travaux sur le bassin du Bas Chélif (Benameur et Touaibia, 2015 ; Namra et Belkhedim, 2012 ; Perrodon, 1956 ; etc.). On a utilisé aussi des différentes cartes (topographique et géologique) de la région d'étude.

#### **4.2. Sur le terrain :**

Sur le terrain quatre coupes ont été levées dans le but de faire une corrélation. Les particularités sédimentaires des bancs et inter-bancs ont été décrites pour avoir une idée sur l'évolution spatio-temporelle des dépôts sédimentaires.

Dans le but de récolter le maximum d'informations, un échantillonnage systématique des inter-bancs a été effectué.

#### **4.3. Au laboratoire :**

Notre travail effectué nécessite de réaliser des techniques et des analyses au laboratoire qui consiste en :

- **Le broyage :**

Consiste à broyer les échantillons de roche en utilisant un mortier en porcelaine pour éviter toute sorte de contamination. L'échantillon broyé a été tamisé par un tamis inoxydable de diamètre 125 $\mu$ m et expédié au laboratoire pour analyse par Diffraction par les Rayon X (DRX) et fluorescence X (FX).

- **Le lavage :**

Cette première étape consiste à soumettre 3 échantillons (250 g par échantillon) à des opérations de défloculation puis de tamisage à travers d'une série de tamis à mailles différentes de haut en bas : 250 $\mu$ m, 125 $\mu$ m, 63 $\mu$ m. L'opération s'effectue sous un filet d'eau. Notons que pour éviter le risque de contamination, les tamis ont été brossés et trempés dans une solution de bleu de méthylène à 5% après chaque utilisation.

Après lavage, un séchage a été effectué à travers une étuve réglée à une température de 80° Celsius

- **Le tri :**

Le résidu récupéré des trois échantillons est placé dans une étuve pour séchage à une température d'environ 80° Celsius pendant 48 heures. Le résidu sec est étalé au fond d'une petite cuvette à fond noir, afin de faciliter son examen sous la loupe binoculaire.

- **La détermination :**

Dans cette étape, on a essayé de déterminer les microfaunes et de les comparer avec les holotypes décrits dans les ouvrages de Boli and Saunders, 1987 ; Boli et Boli, 1982 ; Padani, 1982 et avec le concours de Mr. Samet et Mr. Zaghari.

## 5. Conclusion

Les minéralisations polymétalliques sont abondantes partout sur notre planète, elles se trouvent sous forme de gisement naturel. Chaque minéralisation a des caractéristiques spécifiques pour sa formation, passant par la composition chimique, l'origine et la morphologie. La Répartition des gisements polymétalliques mondiale montre une distribution hétérogène telle qu'en Algérie.

**Chapitre II :**  
**Cadre géographique et**  
**géologique**

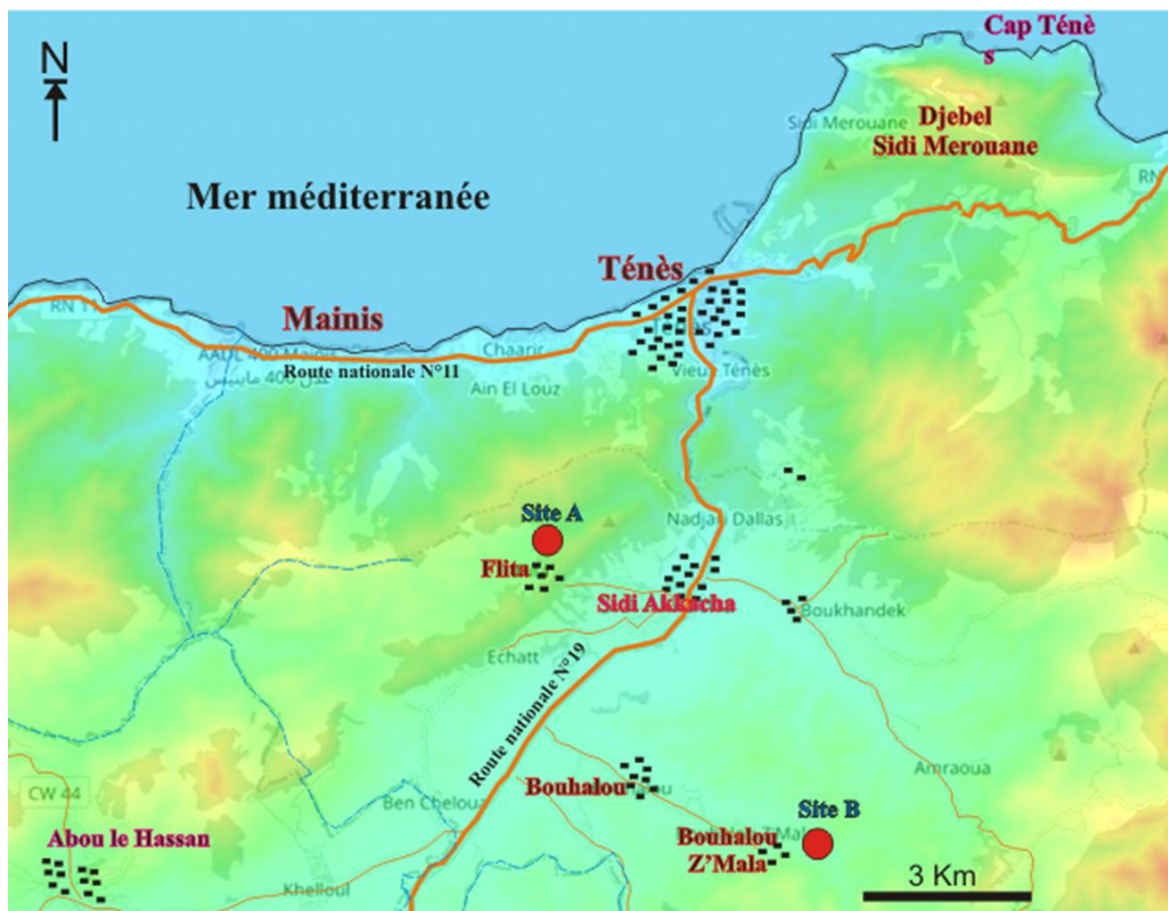
## Cadre géographique et géologique

### 1. Cadre géographique

Le travail de recherche est focalisé sur deux sites situés au Nord-Ouest Algérien, ils appartiennent à l'Atlas tellien dont la tectonique est liée à l'orogénèse alpine (Perrodon, 1957 ; Delteil, 1974). Les deux sites étudiés dont le site A situé aux environs de Douar de « Flita » et le site B situé aux environs de Douar « Bouhalou Z'mala » (Fig.3) font partie des massifs de Ténès, qui présentent des reliefs boisés et accidentés. Ces massifs sont bordés vers le sud par la plaine de Chélif.

Le site A, est situé à environ 3Km au Nord-Ouest de la commune de Sidi Akkacha et à environ 5 Km au Nord-Est de la daïra de Ténès (Fig.3).

Alors que le site B qui fait partie de la région de Bouhalou, est situé à environ 6Km au Sud-Est de la commune de Sidi Akkacha et à environ 13Km au Sud-Est de la daïra de Ténès (Fig.3).



**Fig.3** : Situation géographique des deux sites étudiés (Google maps, 2022)

## 2. Cadre géologique régional

### 2.1. Introduction

Les massifs de Ténès dont fait partie les deux sites d'étude correspondent à une portion de Dahra algérois, faisant partie du domaine interne des maghrébides. La chaîne des Maghrébides résulte de la convergence et de la collision d'un élément de la marge sud européenne avec la marge nord-africaine d'un bassin Téthysien Maghrébin qui faisait communiquer la Téthys ligure avec l'Atlantique central (Wildi W., 1983). Le bassin Maghrébin s'est différencié en plusieurs domaines géographiques qui sont actuellement en partie superposés (Raoult J.F., 1974) (Fig.4).

### 2.2. Les domaines géologiques des maghrébides

De point de vue géologique et structurale, la chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogène alpin péri-méditerranéen (Durand-Delga, 1969) d'âge Tertiaire qui s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km depuis l'Espagne du Sud à l'arc calabro-sicilien (Fig.5). Cette chaîne alpine d'Afrique du Nord est subdivisée géologiquement en plusieurs chaînons appartenant à deux sous domaines dont le **domaine interne**, limité au sud par un second domaine appelé le **domaine externe** ; entre ces deux domaines persiste une **zone des flyschs** allochtone (Fig.5).

#### **Le Domaine interne (appelé aussi les zones internes)**

Les zones internes sont représentées en Algérie par les massifs de Ténès, de Chenoua, d'Alger (Mahdjoub et Saadallah, 1981), de grande Kabylie (Saadallah,1992) et de petite Kabylie (Mahdjoub,1991). Ils sont composés de socle métamorphique cristallophyllien paléozoïque, surmonté par une série sédimentaire d'âge Cambrien à Carbonifère non métamorphique.

Le socle est par endroits recouvert en discordance par une série sédimentaire détritique non métamorphique d'âge Oligocène supérieur à mi-Burdigalien (Géry et al, 1981) nommée Oligo-Miocène-kabyle.

Le socle Kabyle chevauche la dorsale Kabyle qui correspond à sa couverture sédimentaire mésozoïque. Cette dorsale calcaire est visible au niveau du cap Ténès, du mont de Chenoua, au sud des Kabylies, au niveau de Djurdjura et au sud de Skikda.

**Domine des flyschs**

Ce domaine correspond aux nappes des flyschs dont le matériel crétacé-paléogène est expulsé vers le sud. Ces nappes sont déposées dans un bassin de nature marine (Bouillin J.P., 1986). Elles ont été subdivisées du nord au sud en trois types, de nature distincte dont (Fig.5)

**a. Les flyschs mauritaniens :** Ils sont relativement épais et occupent une position interne dans le domaine des flyschs. Ils sont composés d'alternances de bancs argileux, calcaires et gréseux d'âge Crétacé supérieur (Vila J.M., 1980). La série débute par des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine par des niveaux conglomératiques du Paléocène.

**b. Les flyschs massyliens :** Ils occupent une position externe dans le domaine des flyschs et comportent une série pélito-quartzitique d'âge Crétacé inférieur surmontée par une série pélito-micro-béchiq ue d'âge Crétacé supérieur (Raoult J.F., 1969).

**c. Les flyschs numidiens :** Ils sont constitués de niveaux gréseux d'âge Oligocène terminal–Aquitani en épais de plusieurs centaines de mètres qui reposent sur des argilites versicolores oligocènes. Ces flyschs se déposent en discordance sur les premiers contacts tectoniques séparant les unités du domaine interne et la nappe des flyschs mauritaniens (Benabbas C., 2006).

**Le domine externe (appelé aussi Tell méridional)**

Ce domaine correspond à la marge de la Téthys du côté de la plaque africaine. En Algérie, ce dernier représente les zones telliennes (Fig.5). Il rassemble plusieurs nappes allochtones imbriquées les unes dans les autres, composées principalement par des marnes d'âge triasique à néogène, provenant de la paléo-marge africaine et charriées parfois sur une centaine de kilomètres vers le sud (Durand-Delga, 1969). Il existe aussi des massifs autochtones (Durand-Delga, 1969) comme, entres autres, les massifs du Bou-Maâd et de Blida et les massifs de la région du Chelif qui seraient des zones anticlinales (Blès, 1971).

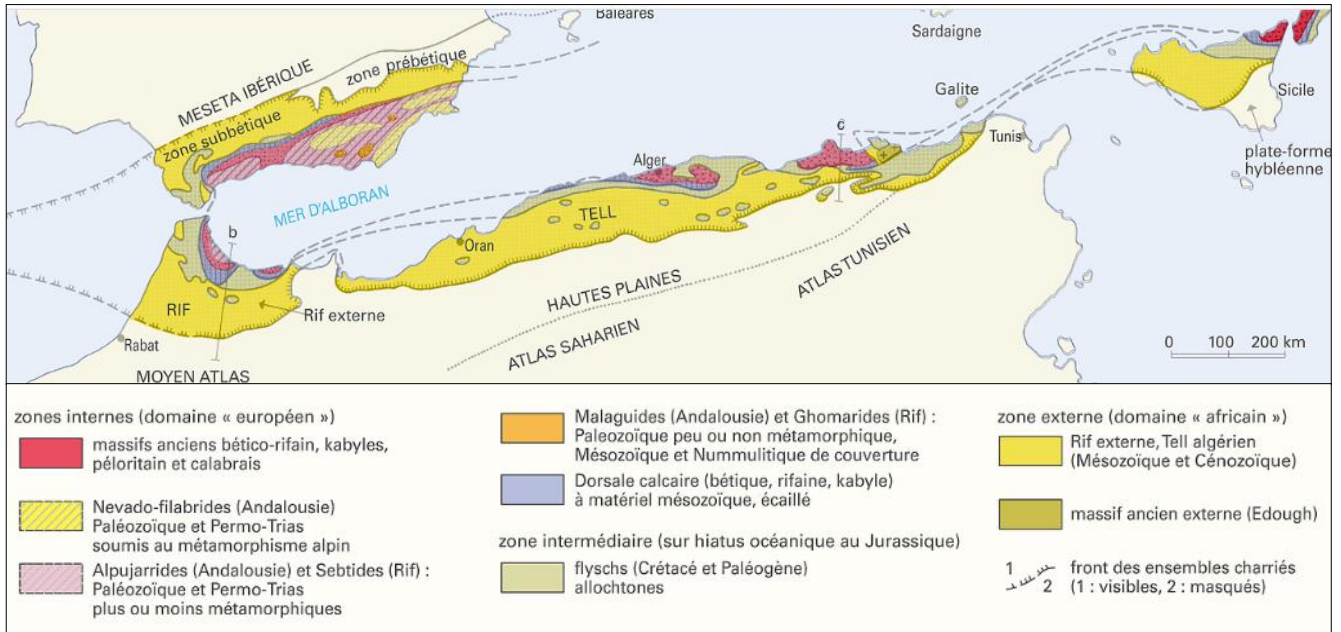


Fig.4 : Carte structurale schématique de la chaîne des Maghrébides montrant la disposition des zones internes, intermédiaires et externes (Durant-Delga ,1980).

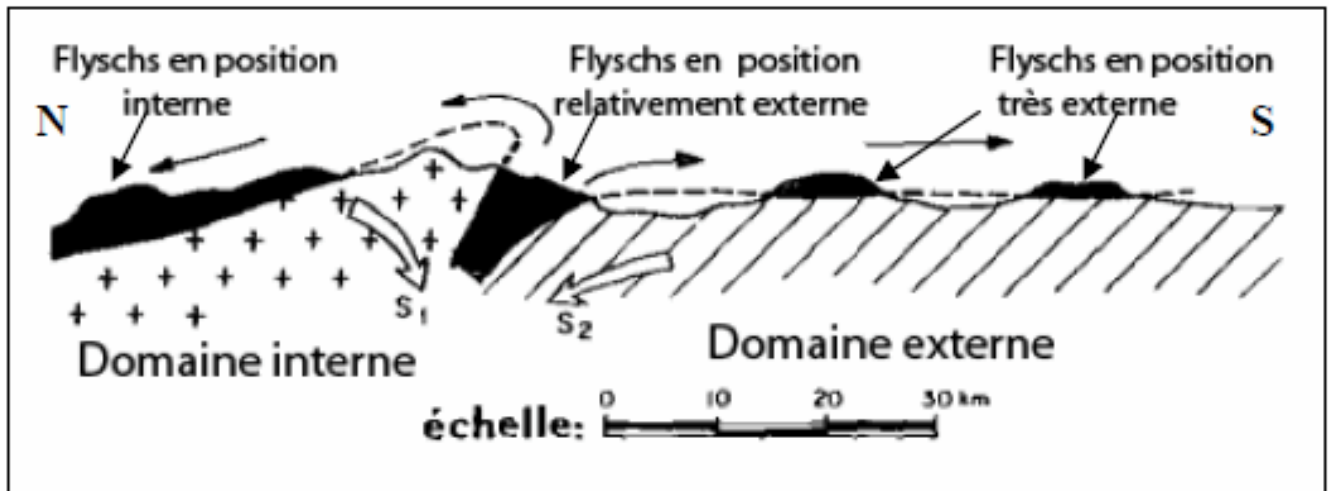


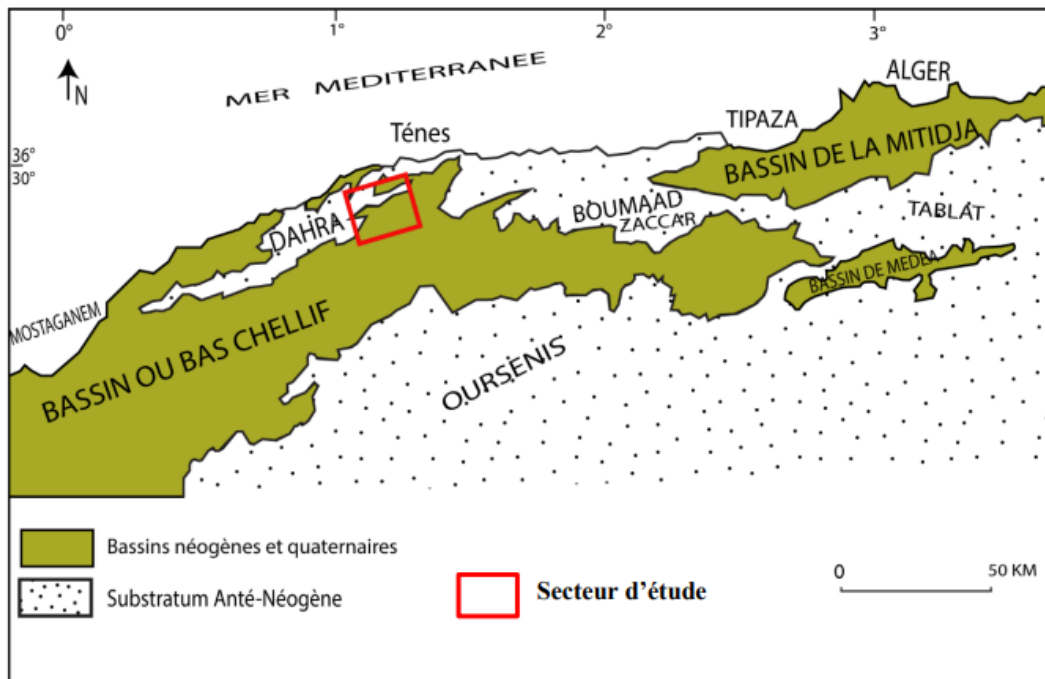
Fig.5 : Coupe schématique montrant la disposition des flyschs (Durant-Delga ,1980).

### 3. Cadre géologique local

Les massifs de Ténès sont attribués au Dahra oriental. Ils comprennent essentiellement des terrains allochtones, formés par des flysch (Delteil, 1974).

Le secteur d'étude dont fait partie les deux sites étudiés est situé dans la bordure Nord-Ouest du massif du Dahra. Il constitue une zone de transition entre cette dernière et le bassin du Chélif. Ce

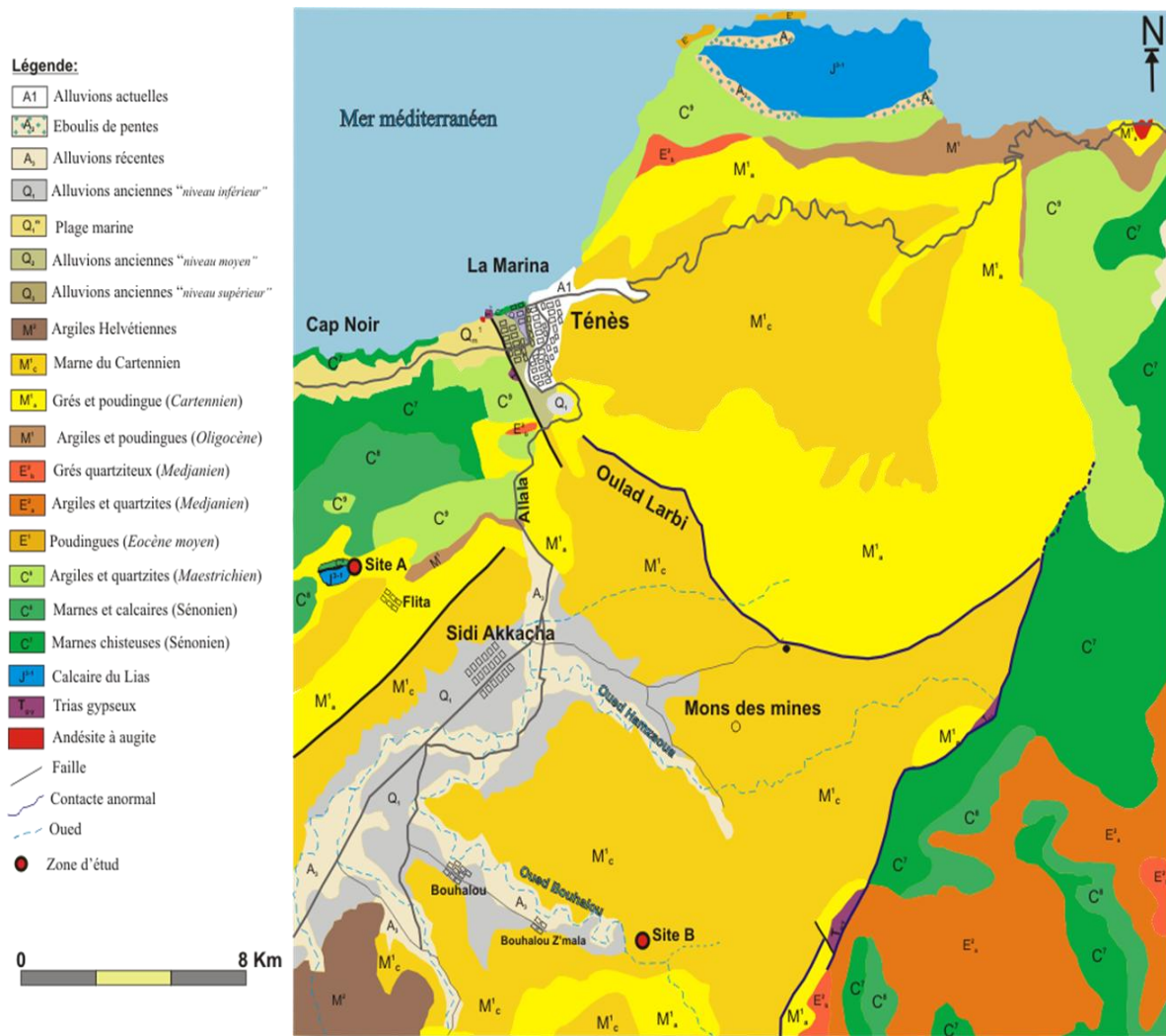
bassin a subi une évolution lithostratigraphique et paléogéographique liée à l'évolution de la chaîne du Dahra et à celle du bassin de Chélif (Fig.6).



**Fig.6 :** Localisation géographique du bassin du Bas Chélif (d'après Perrodon, 1957) avec localisation du secteur d'étude

Selon la carte géologique de Ficher et al, (1913), Les principales formations géologiques rencontrées dans les environs de la zone d'étude et dont l'âge géologique a fait l'objet d'une convesarsion entre Depéret (1896), Laffite (1948) et Cassan (1967) sont :

Le bassin de Bas Chélif montre les parincipales formations lithologiques représentées principalement par les argiles, les marnes, les grés, les pouningues d'âge allant du l'Oligocène au Quaternaire. Par contre les massifs, correspondant à la chaîne du Dahra montrent les formations lithologiques suivantes : les argiles, les marnes, les calcaires, les quartzites et les schistes d'âge Crétacé ; les calcaires du Lias (Jurassique) et les gypses d'âge Triasique (Fig.7).



**Fig.7 :** Carte géologique des environs de Ténès (extrait de la carte de Ficher et al, 1913) avec localisation du secteur d'étude (modifiée)

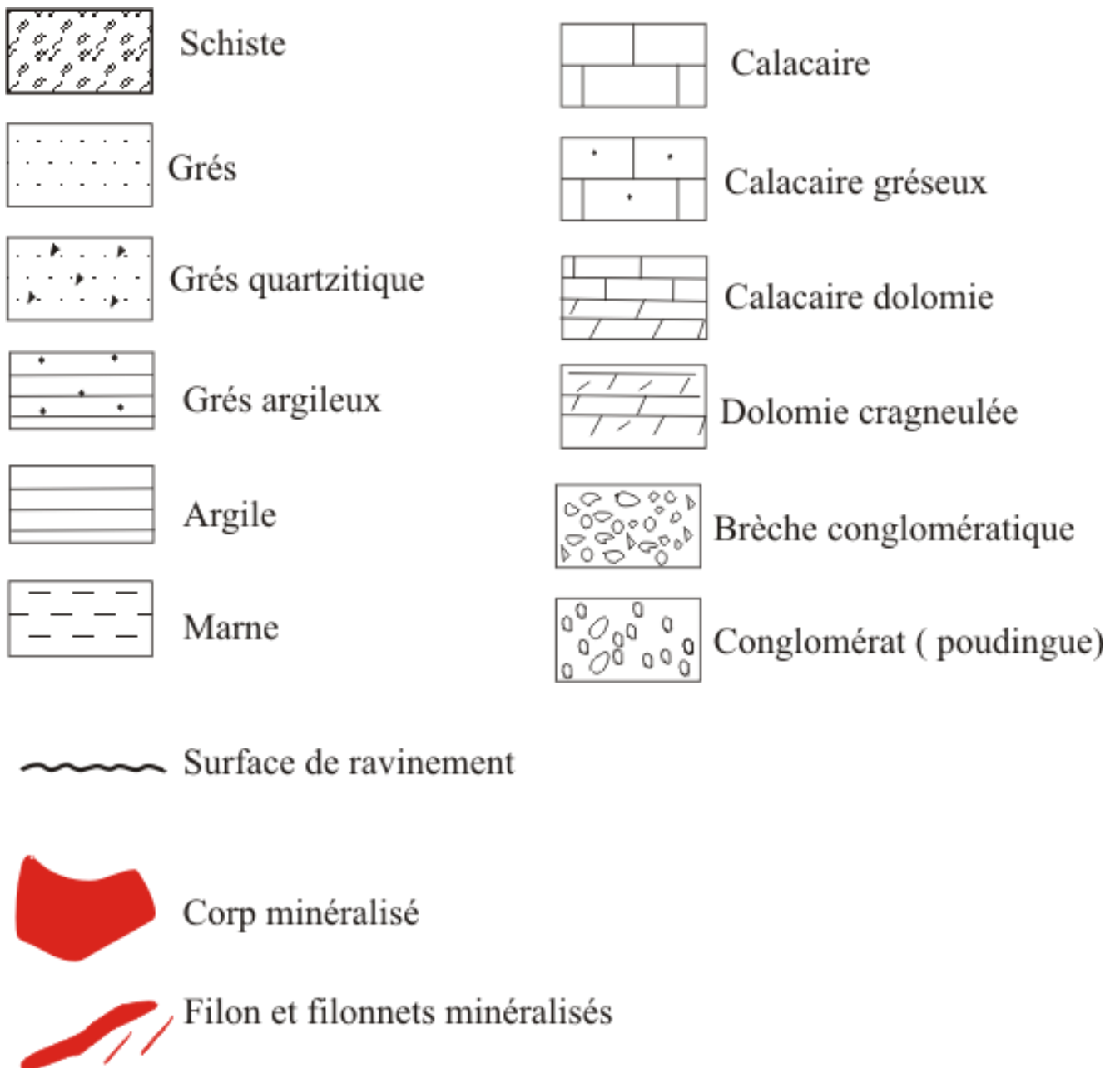
### 3.1. Les dépôts volcaniques

La carte géologique de Ficher et al (1913) (Fig.7) montre l’affleurement des dépôts volcaniques (andésite à Augite) à proximité du rivage méditerranéen. Il s’agit d’un volcanisme intrusif dans les dépôts de Miocène moyen. Ce magmatisme est postérieur à la mise en place des nappes. Il s’est produit lors de l’ouverture de la Méditerranée c.à.d. dans un contexte distensif que tout le magmatisme calco-alcalin d’Algérie du nord s’est mis en place.

### 3.2. Tectonique locale

Le secteur de Ténès est caractérisé par une tectonique intense liée à la convergence, le bassin sublittoral de Ténès auquel se raccorde le bassin intra-montagneux du Chélif (d’après Wildi, 1983), appartiennent à un ensemble d’ère sédimentaire diachronie, plus ou moins indépendante, qui se sont surimposée à l’orogène tello-rifain (Alpin). Ces bassins constituent des ères d’effondrement jalonnées de failles bordières, leur remplissage s’est effectué après la mise en place des nappes.

**Chapitre III:**  
**Etude**  
**sédimentologique**



**Fig.08:** Légende générale des figurés et des symboles utilisés

## Etude sédimentologique

### 1. Introduction

Dans le but de connaître les différentes formations constituant les massifs de Ténès, quatre coupes lithologiques ont été levées dans deux sites différents dont le site A, situé au environ de Douar « Flita » et le site B, situé au environ de Douar Bouhalou Z'Mala (Fig. 09). Trois coupes lithologiques ont été levées dans le site A et une coupe lithologique a été levée au site B (Fig. 09).



**Fig.09** : Photo satellite montrant la position des différentes coupes levées

(Google earth, 2024)

Les coupes ont été levées dans le but de décrire la succession lithostratigraphique, faunistique et minéralogique de ces formations géologiques. En se basant sur la lithologie et le chronofaciès, nous avons pu distinguer dans les massifs de Ténès les formations suivantes :

- Calcaire gréseux
- Calcaire
- Marne
- Grés
- Grés quartzitique
- Argile rouge
- Conglomérat
- Schiste

## **2. Description des coupes étudiées**

### **❖ Coupe 1 : Ex-carrière de calcaire**

La première coupe réalisée se situe dans l'ancienne carrière de calcaire située à environ 500 m de Douar de Flita (Sidi Akkacha), ce dernier est situé à environ 2 kilomètre au Nord-Ouest de la ville de de Sidi Akkacha (fig.09). La coupe 1 présente les coordonnées géographiques suivantes :

X1=1°. 16' 38.81" E    Y1 = 36° 28'.02, 71" N. Z= 443m

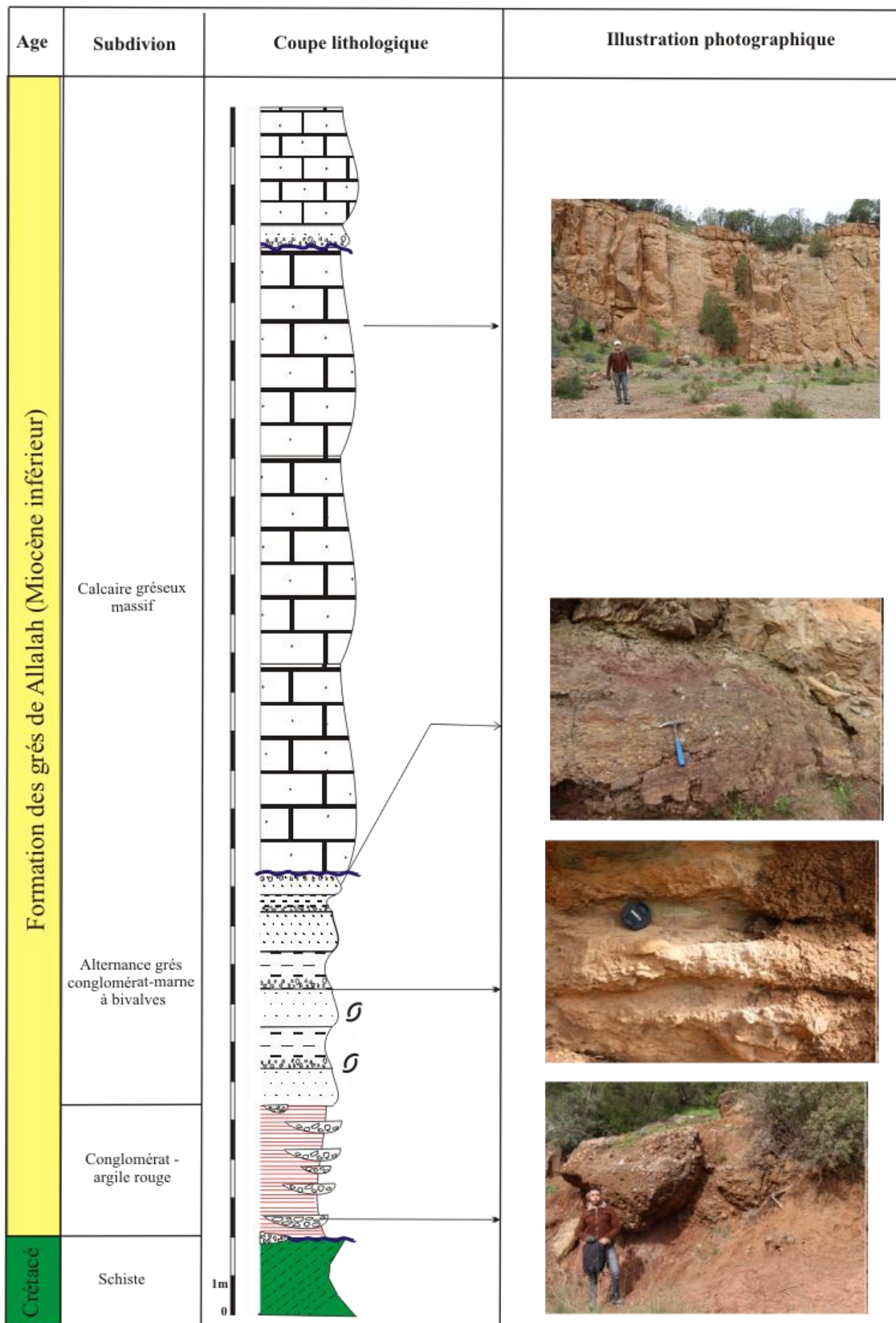


Fig.10 : Coupe lithostratigraphique de l'ex-carrière de calcaire de Flita

✓ **Formation schisteuse**

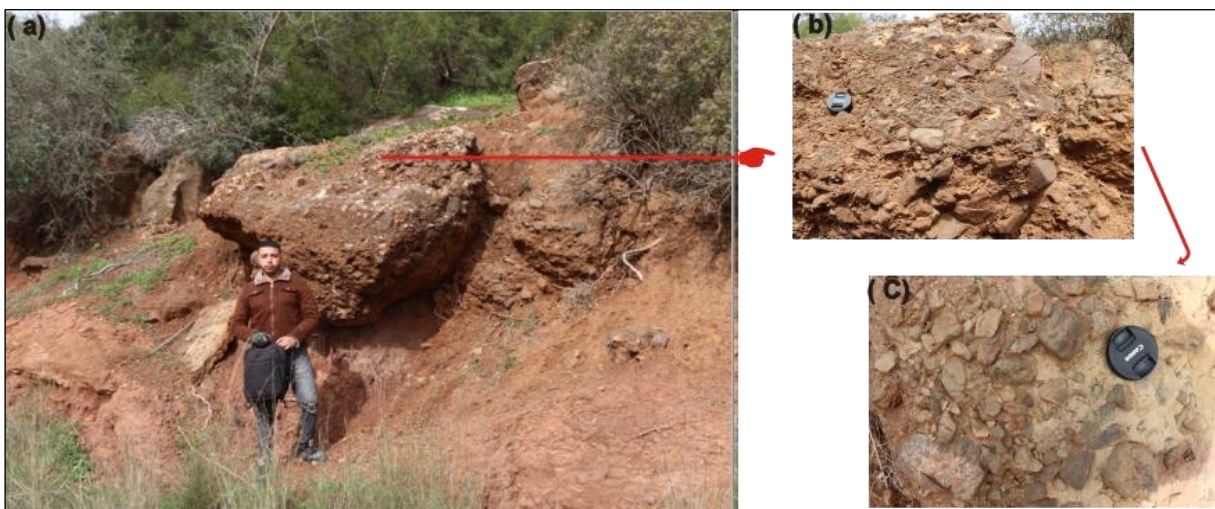
La coupe lithologique réalisée se débute par un substratum correspondant au schiste d'âge Crétacé.

✓ **Formation des grès d'Allalah (fig.10)**

**Ensemble A :**

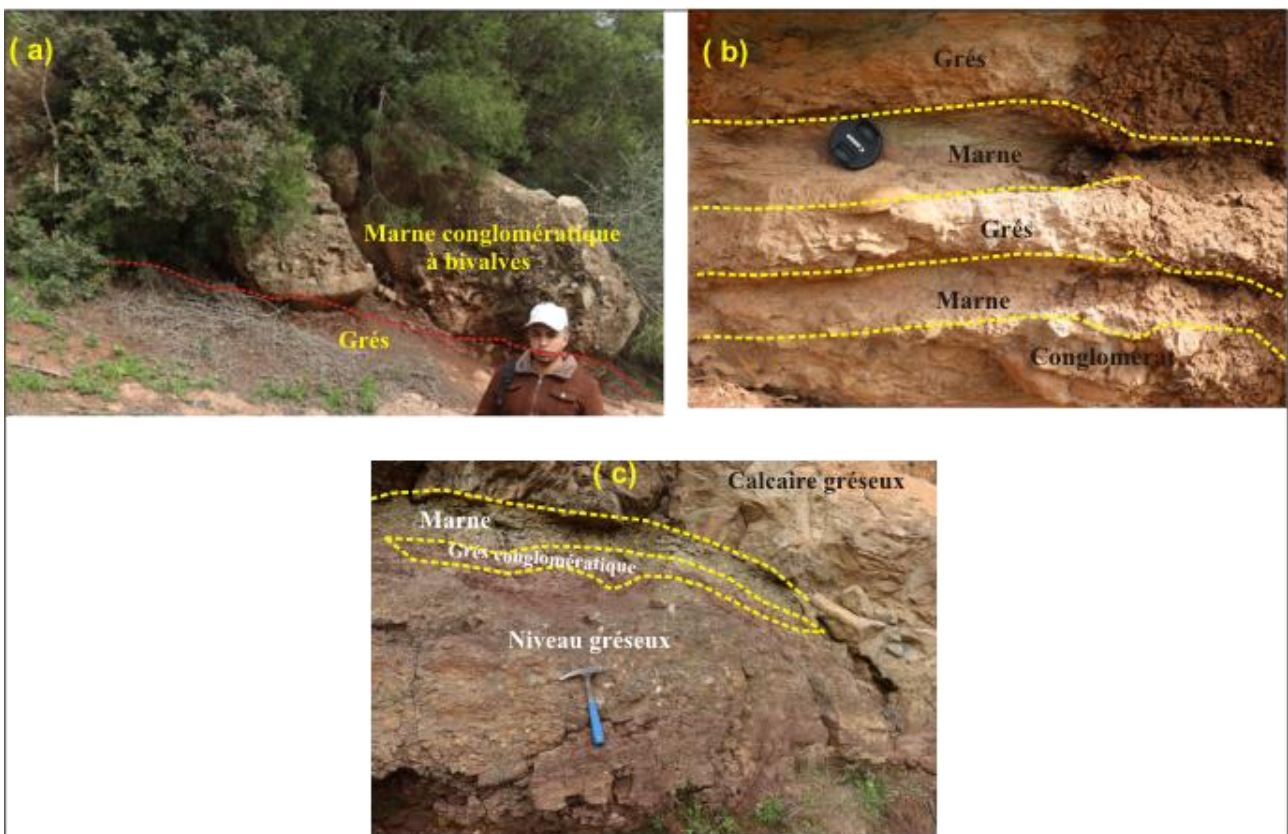
La coupe lithologique 1(ex-carrière de calcaire de Flita), débute par l'ensemble A d'âge Miocène inférieure. Cet ensemble est subdivisé en deux formations distinctes : la formation des conglomérats-argile rouge et une autre formation représentée par des alternances entre les grès conglomératiques et les marnes aux fossiles (Fig.10).

**-Formation conglomérats-argile rouge :** Cette formation se présente avec une épaisseur variable de 0.50 à 2m, elle correspond à des conglomérats chenalisés (Fig.11 a et b), composées par des galets arrondis et sub-arrondis et dont la tailles allant du petites à moyennes (Fig.11c).



**Fig.11 :** Photos montrant la formation des conglomérats chenalisés

**-Formation grès conglomérats-marne à bivalves :** Elle est caractérisée par une alternance entre des niveaux de grès conglomératiques et des niveaux marneux. Quatre alternances de grès conglomératiques sont à remarquer, dont trois alternances présentent une épaisseur environ 1.2m, alors que la dernière alternance présente une épaisseur d'environ 0.5m. Les niveaux marneux présentent trois alternances dont deux sont d'épaisseur d'environ 1m, alors que la troisième alternance est de taille d'environ 0.5m. Ces marnes renferment des fossiles à bivalves brisés.



**Fig.12** : Photos montrant la formation grès conglomérats-marne à bivalves

### ***Ensemble B (Fig.10)***

Cet ensemble est représenté par des calcaires gréseux mesurant 12m (Fig.13).

**-Formation 1** : Cette formation est d'environ 9m, elle est composée de calcaires gréseux de teinte grise rougeâtre ; des stylolites et des diaclases sont présents vers le haut de cette unité.

**-Formation 2** : Reposant sur la première formation, cette unité est composée de conglomérats avec des galets arrondis (poudingue) mesurant environ 0,5m.

**-Formation 3** : Cette formation contient les mêmes faciès que la première formation. Elle est composée de calcaire gris qui présente une épaisseur d'environ de 2,5m.



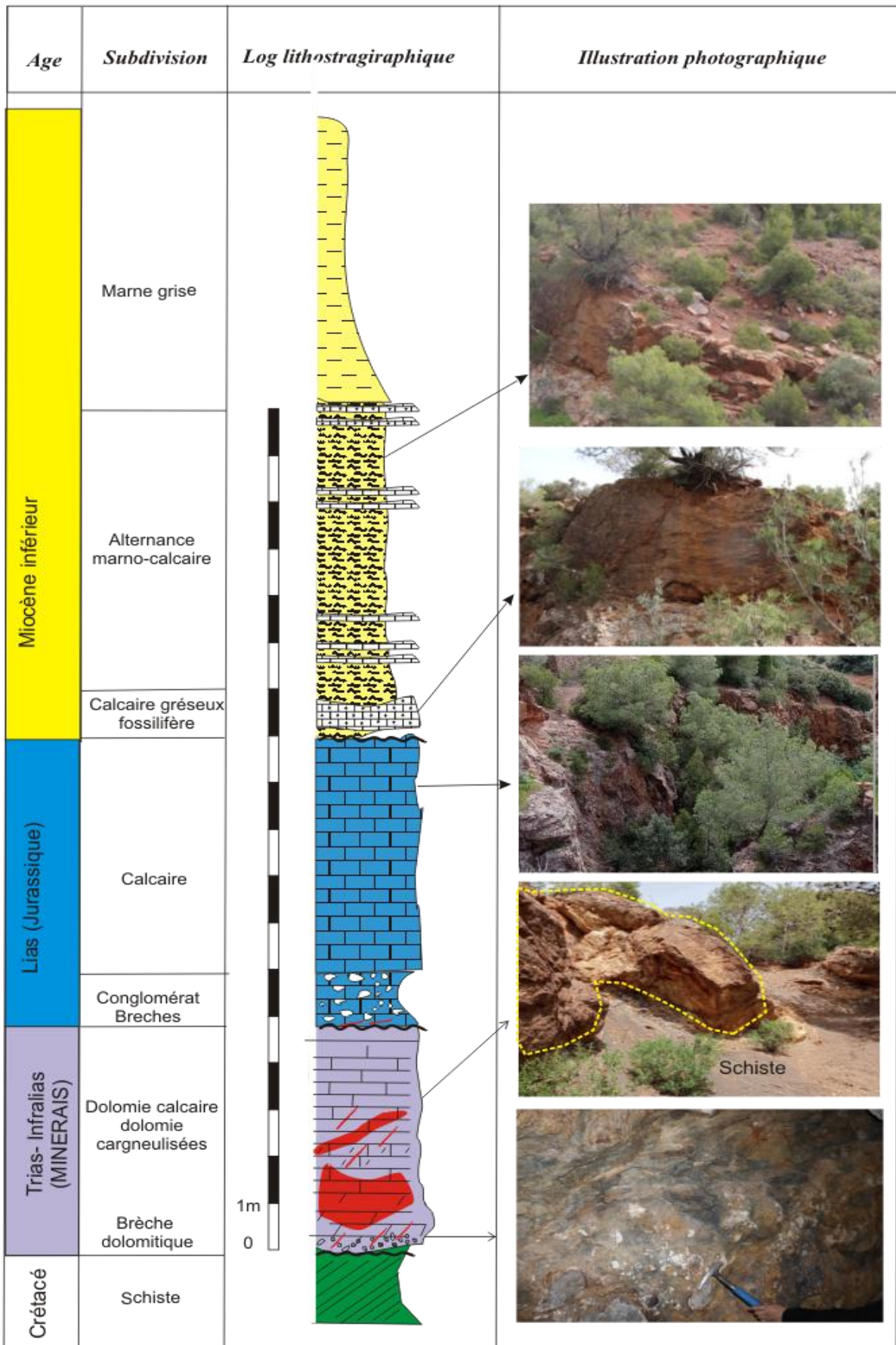
**Fig.13:** Photos montrant l'unité B à formation de calcaire gréseux

❖ **Coupe 2 : Djebel Hadid 1 (début de la faille minéralisée)**

La deuxième coupe réalisée se situe dans l'ancienne mine de fer dite la mine de djebel El Hadid, située à environ 800 m au Nord de douar de Flita (Sidi Akkacha), (Fig.14 ). La coupe 2 présente les coordonnées géographiques suivantes :

$X1=1^{\circ} 16' 33.15'' E$      $Y1 = 36^{\circ} 28'.33.04'' N$ .  $Z= 342m$

La coupe 2 montre des différentes formations situées au cœur de la faille minéralisée d'environ 500m de longueur (Fig.15). La faille est de direction SO-NE et a un pendage de  $220^{\circ}$  Nord, il s'agit d'une faille normale regroupant trois contacts anormaux : un contact anormal entre le calcaire liasique (Jurassique) et le schiste du Crétacé inférieur ; un entre le calcaire du jurassique et les formations gréseuses de Miocène inférieur ; le troisième est signalé entre le calcaire du Jurassique et les grés quartzitique du Trias.



**Fig.14 :** Coupe lithostratigraphique de Djebel Hadid 1 (début de la faille minéralisée)

**Description de la coupe 2 :** Cette coupe contient les terrains lithologiques suivants :

**Le substratum**

Le terrain le plus étendu avec des faciès schisteux d'âge Crétacé.

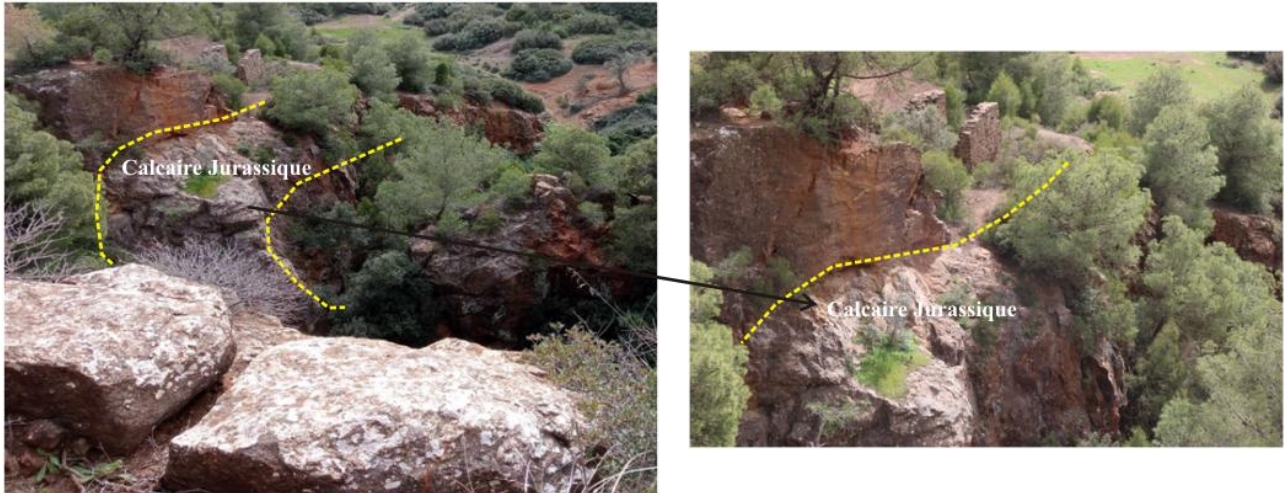
**L'encaissant :**

Il est d'âge Trias infra Lias, il se compose de deux formations : la formation de brèche dolomitique à la base, mesurant quelques centimètres; suivi par la formation de dolomie-calcaire cargneule qui mesure environ 5m et qui se termine par une surface de ravinement. On note que tous les corps minéralisés sont incorporé dans cette formation.



**Fig.15 :** Photos montrant (a) la formation de brèche dolomitique et (b) la formation de calcaire dolomitique et dolomie cargneule riche en minéraux polymétalliques

**L'unité des calcaires jurassiques :** Elle correspond à l'unité de calcaire massif de teinte blanchâtre d'âge liasique (jurassique), elle mesure environ 6m. La base de cette unité est caractérisée par un niveau de conglomérat à brèches mesurant environ 1m. Quelques filonnets minéralisés sont à remarquer mais avec une puissance très réduite.



**Fig.16:** Photos montrant la formation du calcaire liasique (jurassique).

**L'unité de recouvrement :** Elle est d'âge Miocène inférieur, elle correspond à la formation des grès de Allalah et des marnes bleues de vieux Ténès. Elle renferme trois formations : la première mesure environ 0,7m, elle présente des calcaires gréseux fossilifères contenant des fossiles marins (Bivalves) ; la deuxième formation se poursuit par des alternances entre des niveaux marneux d'épaisseur métrique à décimétrique et des niveaux calcaires d'épaisseur centimétrique. Cette unité se termine par des marnes grises présentant la fin de la coupe.



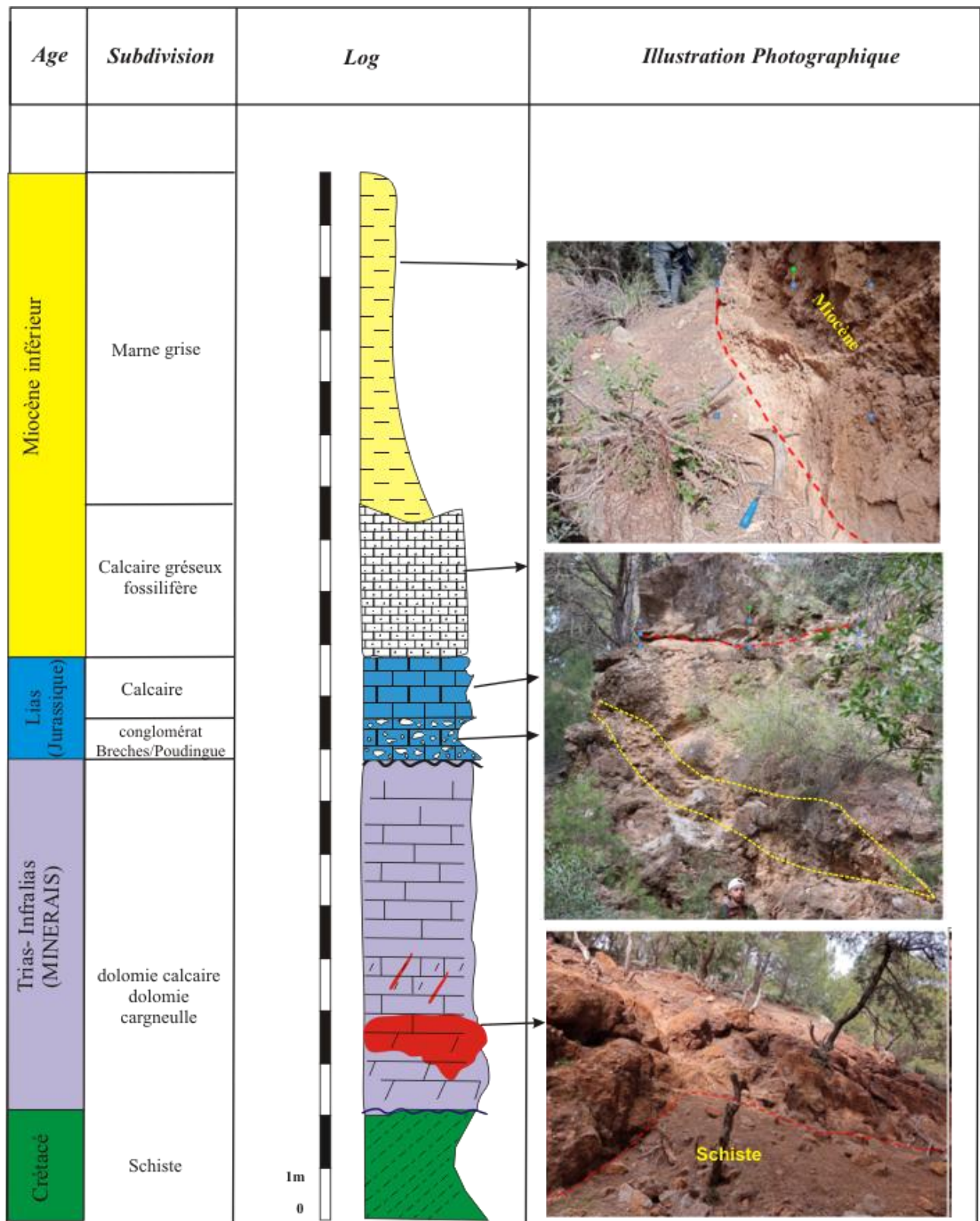
**Fig.17:** Photos montrant la formation de calcaire gréseux fossilifère.



**Fig.18:** Photo montrant un bloc remanié de calcaire jurassique et les marnes miocènes

❖ **Coupe 3 : Djebel Hadid 2 (fin de la faille minéralisée)**

La troisième coupe réalisée se situe au-dessus de l'ancienne mine de fer dite la mine de djebel El Hadid, située à environ 800 m au Nord de douar de Flita (Sidi Akkacha), (Fig.19).



**Fig.19** : Coupe lithostratigraphique de Djebel Hadid 2 (fin de la faille minéralisée)

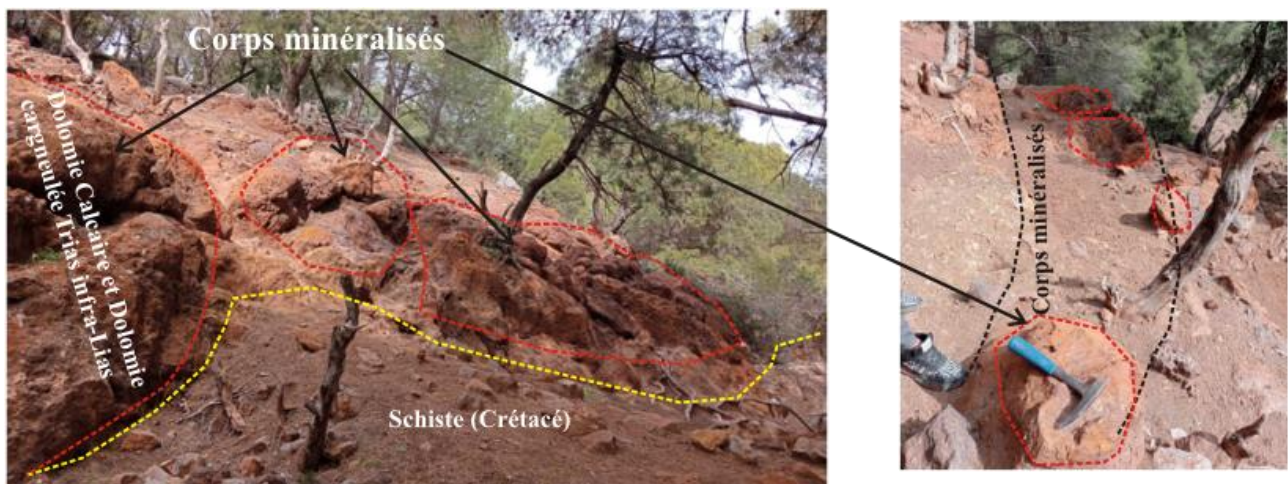
**Description de la coupe 3 :** Cette coupe est composée d'unités lithologiques différentes :

**Le substratum :** La troisième coupe commence par un substratum sous forme de schiste d'âge de Crétacé

**L'encaissant :** Il s'agit d'une unité de dolomie calcaire et dolomie cargneule datant du Trias-Infralias, mesurant environ de 6,5 m et se composant principalement de deux formations :

- **La formation de base :** Cette formation est constituée de dolomie qui mesure 2 m et présente des masses de minerai au sein de la formation.

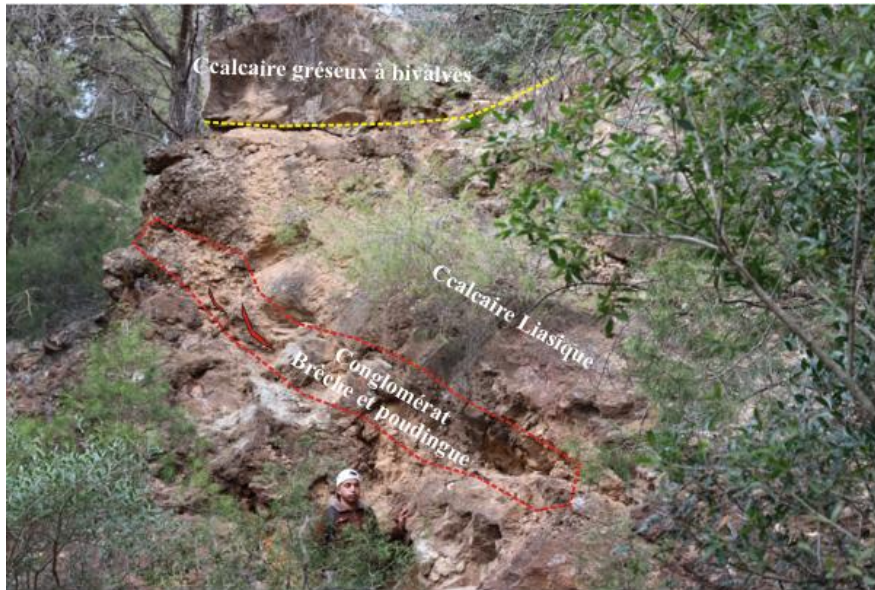
- **La formation supérieure :** Cette formation est constituée de calcaire cargneule, elle mesure 4,5m. La formation se termine au sommet par un espace de ravinement.



**Fig.20 :** Photos montrant des corps minéralisés encaissés dans la dolomie cargneule.

**L'unité des calcaires jurassiques :** Cette unité d'environ 2 m d'épaisseur d'âge Lias (Jurassique), se subdivise en deux membres :

- **Le membre inférieur :** Il est formé de conglomérats (poudingues et brèches) calcaires, d'épaisseur de 0.8m. (Grès d'Allah)
- **Le membre supérieur :** Il est représenté par des calcaires, il mesure environ de 1.2m d'épaisseur.



**Fig.21 :** Photo montrant les deux membres de conglomérat brèche et de calcaire liasique

**L'unité de recouvrement :** Cette unité d'âge Miocène inférieur est formée de deux formations :

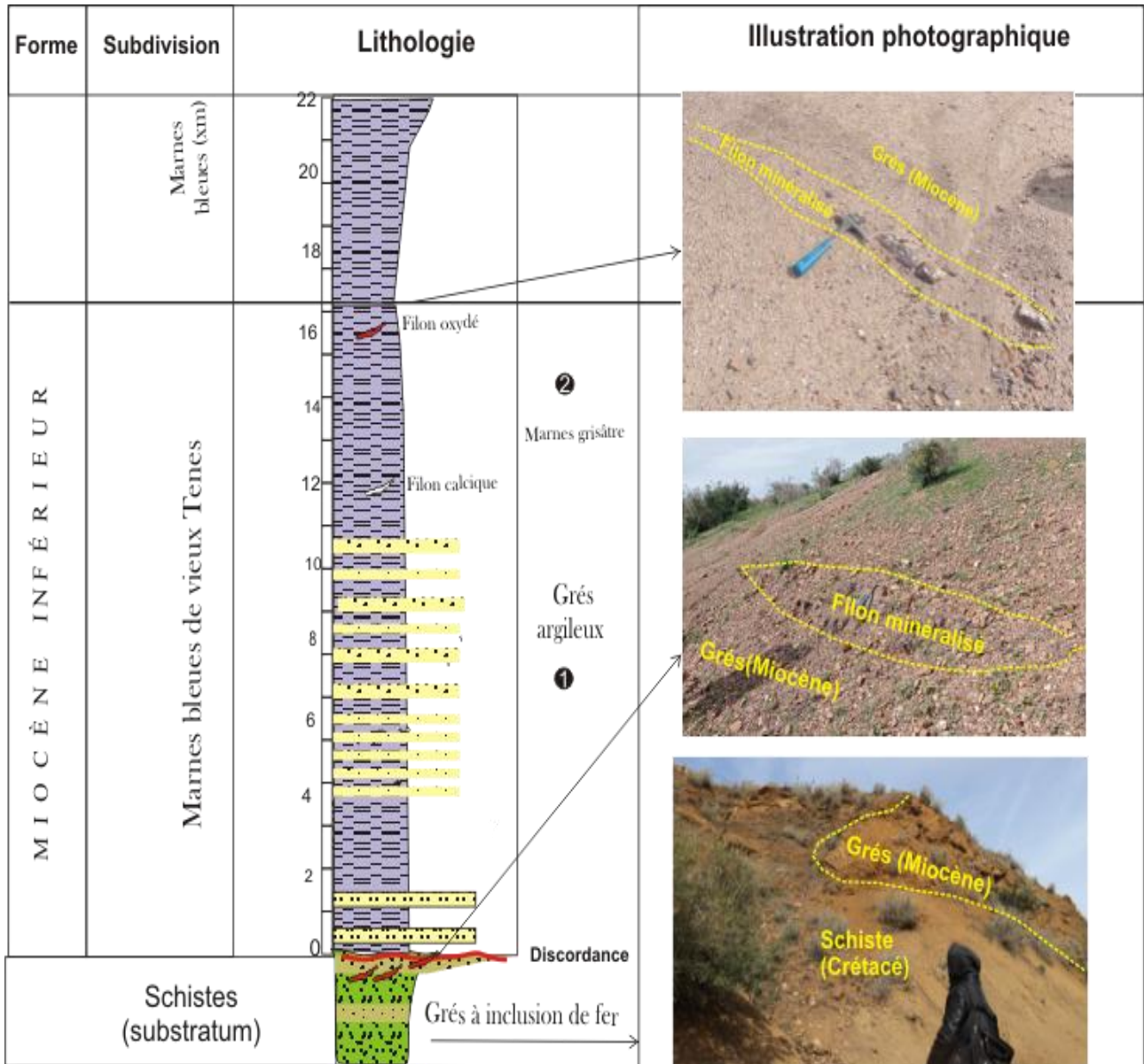
- **La formation de base :** Cette formation mesure environ de 2.5m d'épaisseur, elle est constituée par des calcaires gréseux fossilifères (les principaux fossiles trouvés sont des bivalves).
- **La Formation supérieure :** L'unité de recouvrement se termine par cette formation de même âge Miocène inférieur, elle est principalement composée de marnes grises.



**Fig.22:** Photo montrant le contact entre les deux formations : le calcaire liasique et la marne du Miocène inférieur.

❖ **Coupe 4 : Bouhalou**

La quatrième coupe réalisée se situe à environ 6Km au Sud-Est de la commune de Sidi Akkacha (Fig.23).

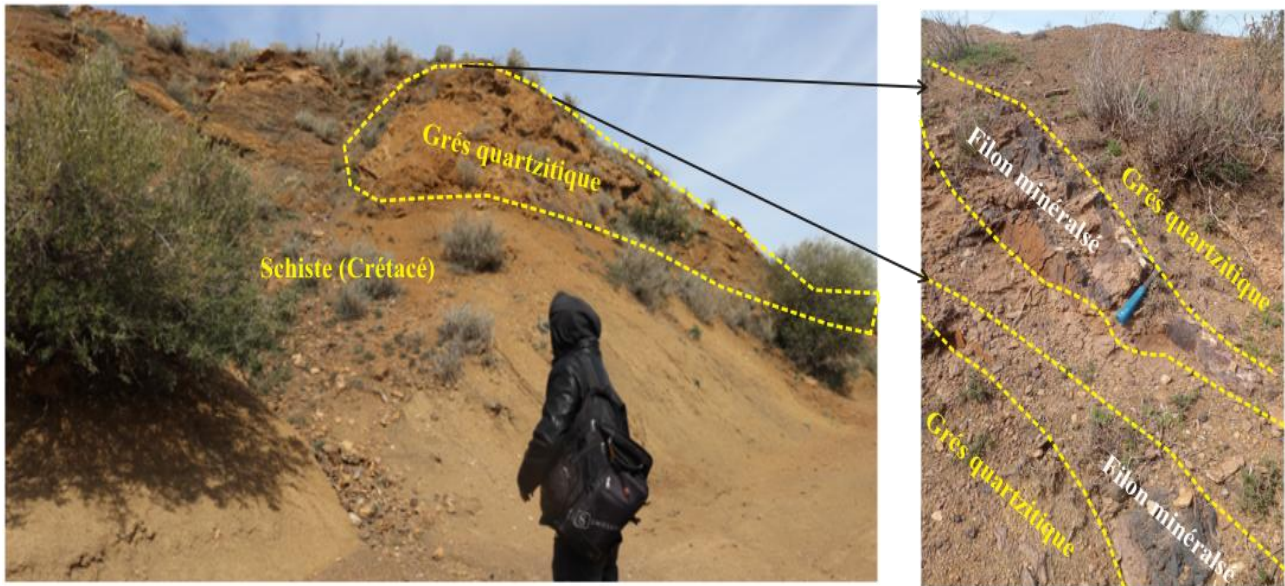


**Fig.23** : Coupe lithostratigraphique du site de Bouhalou (Zaghari en 2022 (inédit))

**Description de la coupe 4:** Cette coupe contient trois unités :

**L'unité A :** Cette unité correspond au substratum : schiste d'âge Crétacé, et une alternance au sommet avec les grès quartzitiques de même âge (Crétacé).

La minéralisation de fer se trouve au sein de formation des grès quartzitiques parallèlement avec les couches, elle s'augmente vers le toit de l'unité.



**Fig.24:** Photos montrant le contact entre le schiste et le grès quartzitique renfermant de la minéralisation polymétallique.

**L'unité B :** Cette unité est d'âge Miocène inférieur, elle repose sur le substratum par une discordance angulaire, elle est représentée par les marnes bleues de vieux Ténès mesurant environ 12m, elle est composée de deux ensembles lithologiques :

**-L'ensemble inférieur à dominance gréseuse :** Il s'agit d'une alternance entre les grès argileux avec les marnes bleues, les séquences de grès argileux commencent par un empesour centimétrique vers le bas et finissent par une épaisseur décamétrique vers le haut.

**-L'ensemble supérieur à dominance marneuse :** Cet ensemble est représenté par des marnes grisâtres où s'apparaissent deux filons, le premier c'est filon clastique, et le deuxième c'est un filon minéralisé oxydé.



**Fig.25:** Photos montrant le contact entre le schiste et la formation des grès quartzitiques renfermant de la minéralisation polymétallique.

**L'unité C :** Cette unité d'âge Tortorien est représentée par les marnes bleues.

### 3. Conclusion

Dans le but de réaliser l'étude sédimentologique sur les massifs de Ténès, quatre coupes ont été levées dans deux sites différents : Trois dans le site A (Flita) et une coupe dans le site B (Bouhalou).

A travers les résultats que nous avons obtenu, nous avons pu distinguer les formations suivantes dans le site A : Schiste, calcaire gréseux, calcaire, marne, grès, argile rouge, conglomérat, brèche dolomitique, dolomie-calcaire, conglomérat brèche/poudingue.

Dans le site B nous avons les formations suivantes : schistes, grès quartzitiques, grès argileux, marnes bleues, marnes grisâtres.

On note que pour le site A la casée totalité de la minéralisation polymétallique est concentrée environ de 95% dans le Trias-Infralias dans les formations de dolomies calcaires et d'environ de 5% dans le Lias (Jurassique) dans les formations de calcaires conglomératiques.

Pour le site B on note que la casée totalité de la minéralisation polymétallique est concentrée environ de 85% dans le contact anormal Cretacé-Miocène dans les formations de grès quartzitiques, et dans le contact stratigraphique de Miocène inférieur (Marne-Marne) s'apparaissant sous forme des filons.

**Chapitre IV :**  
**Etude**  
**métallogénique**

## Etude métallogénique

### 1. Introduction

L'Algérie recèle quelques gîtes et indices susceptibles d'être mis en valeur et d'apporter une valeur ajoutée à l'économie du pays. La minéralisation polymétallique (minéralisation à Fe, Cu, Pb, Ag...) a été découverte en Algérie, spécialement en Algérie Nord Occidentale dès les premières années de la colonisation française. Les massifs de Ténès ont connu avant l'indépendance, d'importants travaux miniers, qui ont porté sur l'extraction du minerai polymétallique.

En raison de l'importance économique de la minéralisation polymétallique, les minéralisations des massifs de Ténès correspondant aux massifs secondaires du Dahra ont fait l'objet de nombreuses recherches et explorations.

### 2. Historique de la zone d'étude

Les massifs de Ténès, faisant partie à l'époque française au district de Ténès (1849-1928), appartenant à la province d'Alger qui a été la plus explorée que celles d'Oran et de Constantine. Cette province renfermée des mines à minéralisation polymétallique, et dont le fer vient en premier rang.

L'extraction de la minéralisation ferrière et métaux connexes du district de Ténès remonte à une haute antiquité dont des traces de travaux exécutés par les Romains ont été trouvées dans les environs de Ténès.

D'autres travaux de recherche et d'exploration ont été exécutés par M. Henri Fournels (ingénieur en chef des Mines depuis 1843).

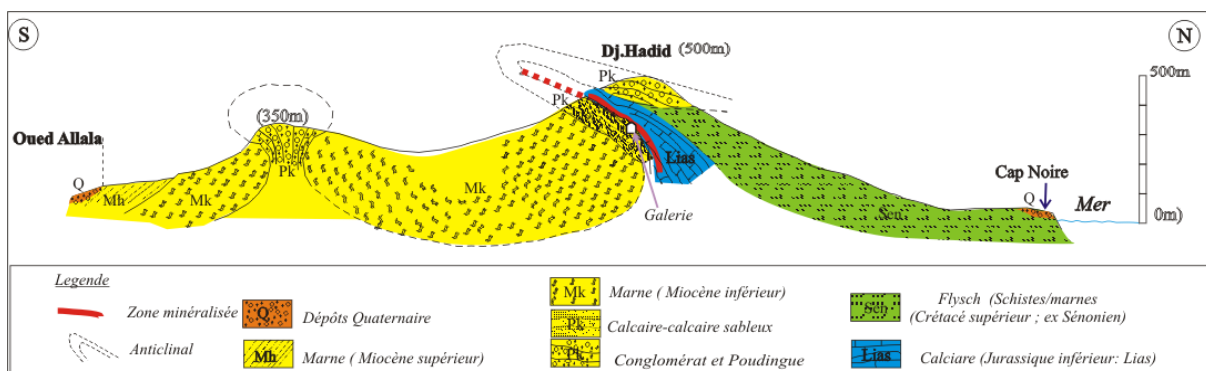
En 1845, une société Française a signalé l'existence d'un minerai de plomb argentifère à quatre lieux à l'Est de Ténès.

Les débuts de l'exploitation du cuivre et de fer dans le district de Ténès, ont été réalisés en 1850, dans les quatre sites : le site Oued-Allala, Oued-Taffilez, Oued Bouhalou et Cap-Ténès.

En 1954, les exploitations des mines de cuivre des massifs de Ténès ont été activées au moyen de permissions temporaires d'exportation à l'étranger. Les mines principales exploitées

au district de Ténès : Djebel Hadid (Fig.26), d'où le nom signifie la montagne de fer, ainsi que le site de Bouhalou. Ces deux sites choisis pour le travail de recherche ont été étudiés en 1852, par M. Flajolot ingénieur des mines. Ces deux gîtes sont connues par la minéralisation polymétallique à vocation ferrifère riche en argent (M.Flajolot, 1852). La mine de Djebel Hadid faisant partie du site A (région de Flita), est indiquée par deux grottes taillées en plein minerai. L'une des grottes à 15 mètres de longueur, 5 mètres de largeur et 3 mètres de hauteur semble avoir été creusée à une époque très reculée dans un but d'exploitation (M.Flajolot, 1852) (Fig.26). La grotte inférieure à environ 10 mètres de longueur et 2m.50 de hauteur (M.Flajolot, 1852). Ces deux excavations s'ouvrent sur des amas de carbonate de fer hydroxydé, de 2 à 3 mètres d'épaisseur (M.Flajolot, 1852).

En, 1904, des travaux de recherche et d'aménagement ont été effectués dans la concession du Djebel-Haddid, près de Ténès ; la mise en exploitation de cette mine a été ouverte en 1907 et dont le minerai été expédiées dans les ports de Ténès et exporté vers la France par voie maritime.



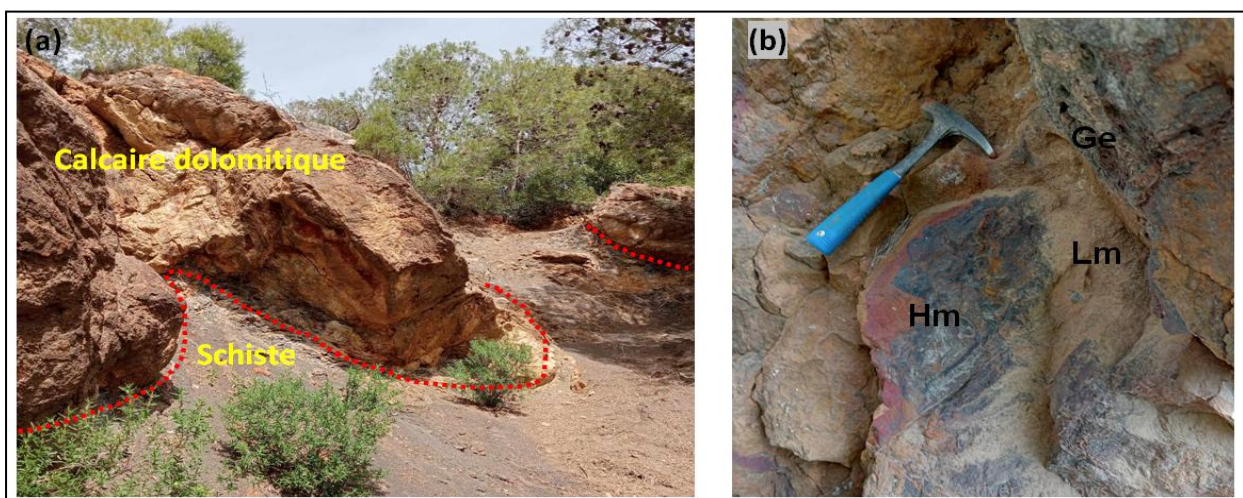
**Fig.26 :** Coupe géologique de Djebel Hadid (Brives ,1891) modifié

Par contre, le site B (région de Bahalou) témoigne l'existence d'une minéralisation cuprifère dont les travaux de recherche remontent à 1852. Le minerai de ce site est très riche en cuivre (M.Flajolot, 1852). Cependant, les filons signalés sont nombreux et riches et peuvent être avantageusement exploités. Nous signalons que depuis 1852, après la mine de l'Oued Allalah, aucun travail d'exploitation n'y a été exécuté au site de Bouhalou jusqu'à ce jour.

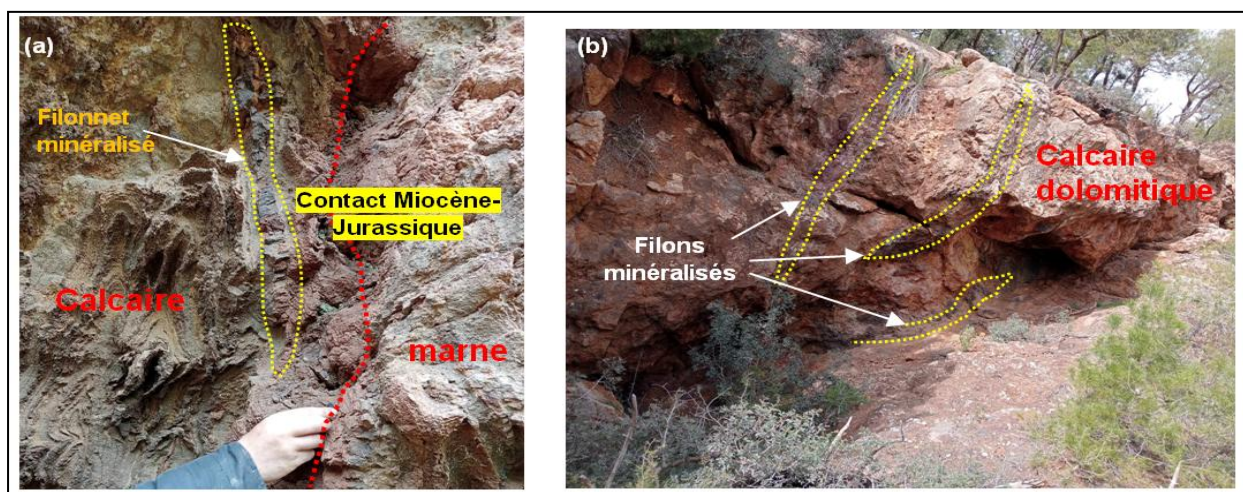
### 3. Description et morphologie des corps minéralisés

Les observations réalisées sur le terrain montrent que les corps minéralisés du site A sont généralement représentés par des amas d'oxydes (*Hématite et magnétite*), hydroxydes (limonite, goéthite) de fer et de carbonates de fer (Sidérite), présentant un diamètre très réduit (Fig. 27). On signale que la minéralisation est encaissée dans les calcaires et les calcaires dolomitiques (Fig. 28), localisée au contact anormal.

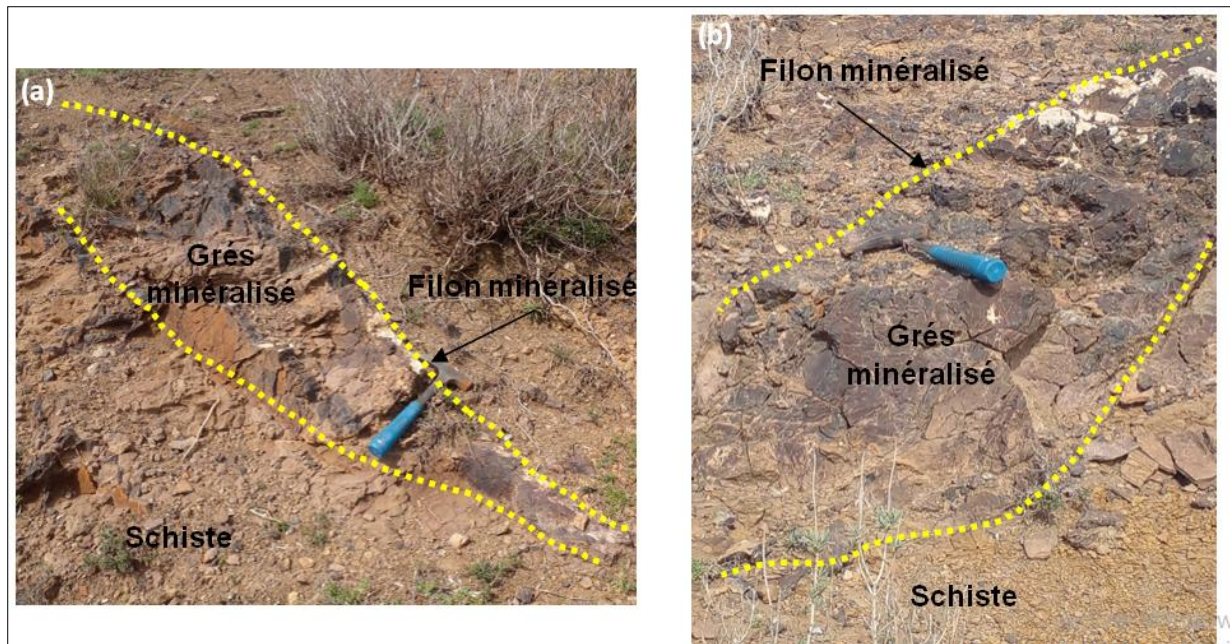
Le site B par contre est représenté par des filons métriques à centimétriques encaissés dans les formations gréseuses à grés et schiste (Fig.29).



**Fig.27 :** Photos montrant les corps minéralisés du site A, (a) amas minéralisés d'hématite et limonite encaissés dans les calcaires dolomitiques cargneules (Trias infra Lias) au contact avec le schiste (Crétacé), (b) amas minéralisés à hématite rouge, limonite et goéthite.



**Fig.28 :** Photos montrant les corps minéralisés du site A (a) filonnets centimétriques minéralisés (Sidérite) encaissés dans les calcaires jurassiques et (b) filonnets centimétriques minéralisés de sidérite-hématite encaissés dans les calcaires dolomitiques Trias Infralias

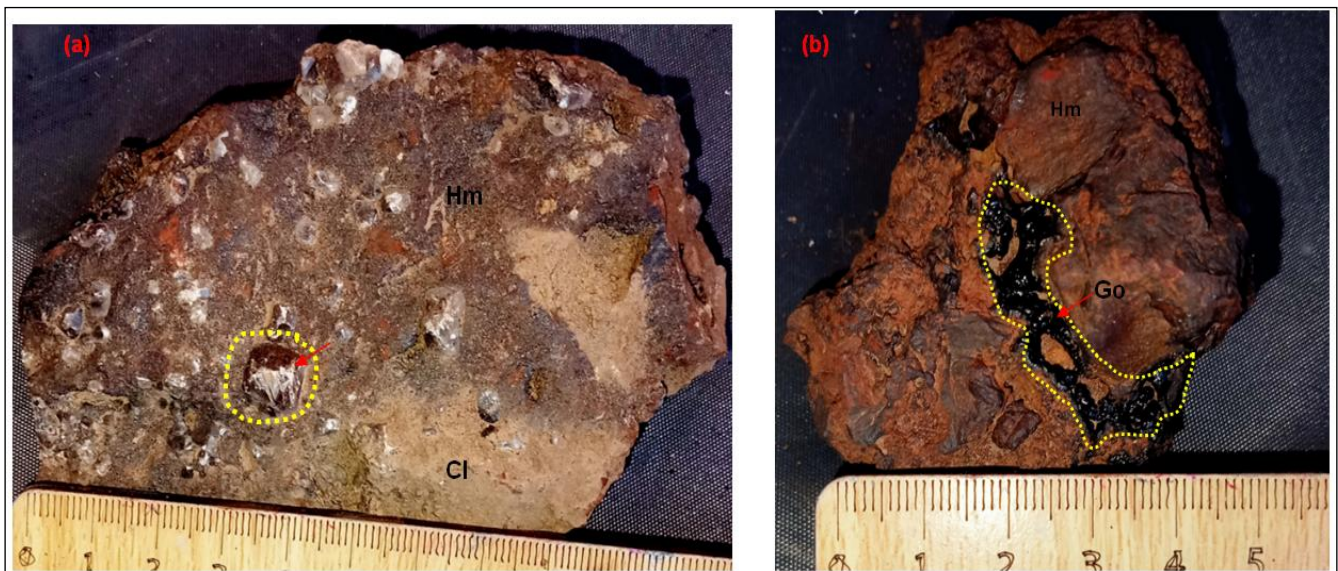


**Fig. 29** : Photos montrant des filons nord-sud minéralisés (sidérite-hématite) du site B, localisés au contact Crétacé (schiste) et Miocène (grés).

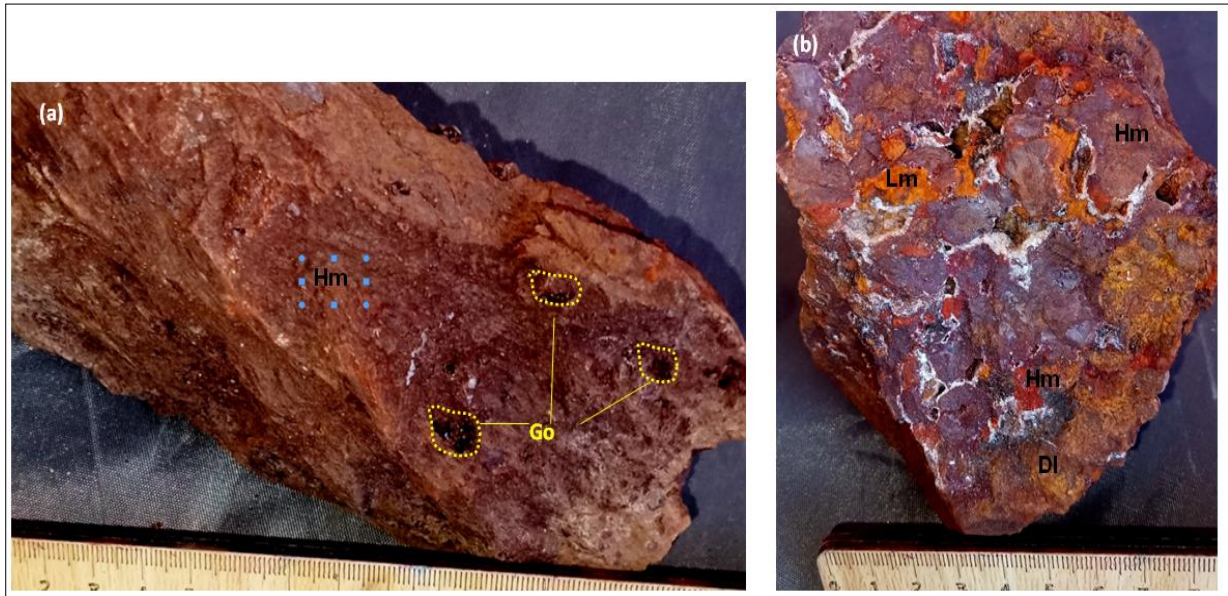
#### 4. Observation macroscopique

##### 4.1. Description macroscopique des échantillons du site A

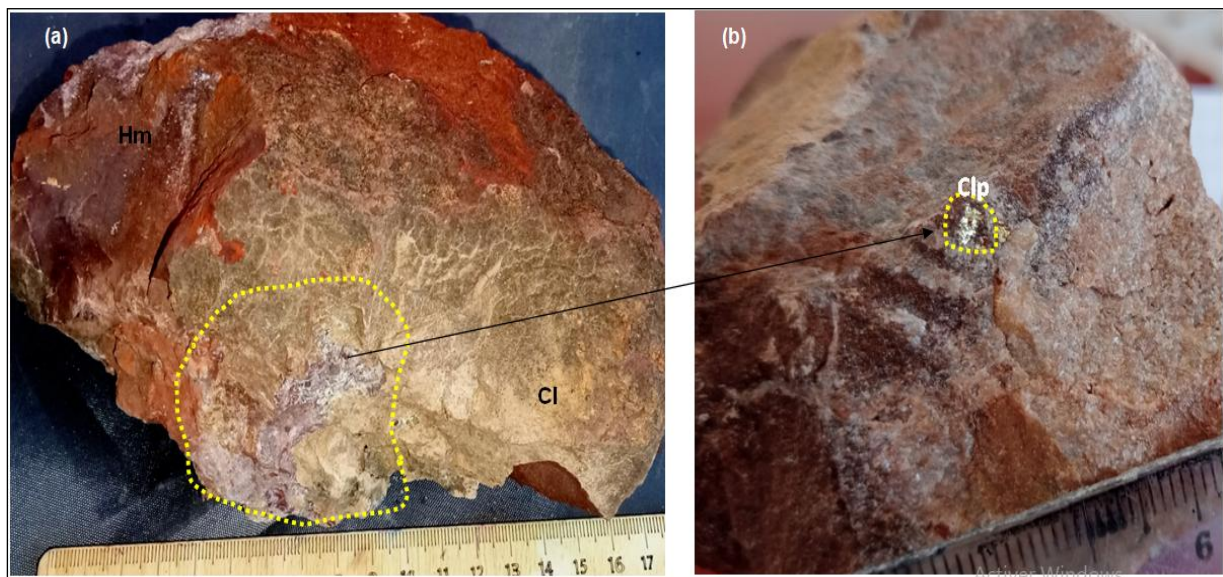
La minéralisation du site A est plus particulièrement dans la faille minéralisée de Djebel Hadid (Fig.30) est représentée par une association minéralogique riche en fer. Les amas minéralisés affleurant permettent de définir les minéraux suivants :



**Fig.30** : Photographie montrant en (a) association hématite massive et des cristaux rhomboédriques de calcite encaissés dans un calcaire dolomitique en (b) hématite massive avec goéthite en cristaux mamelonnés remplissant les cavités.



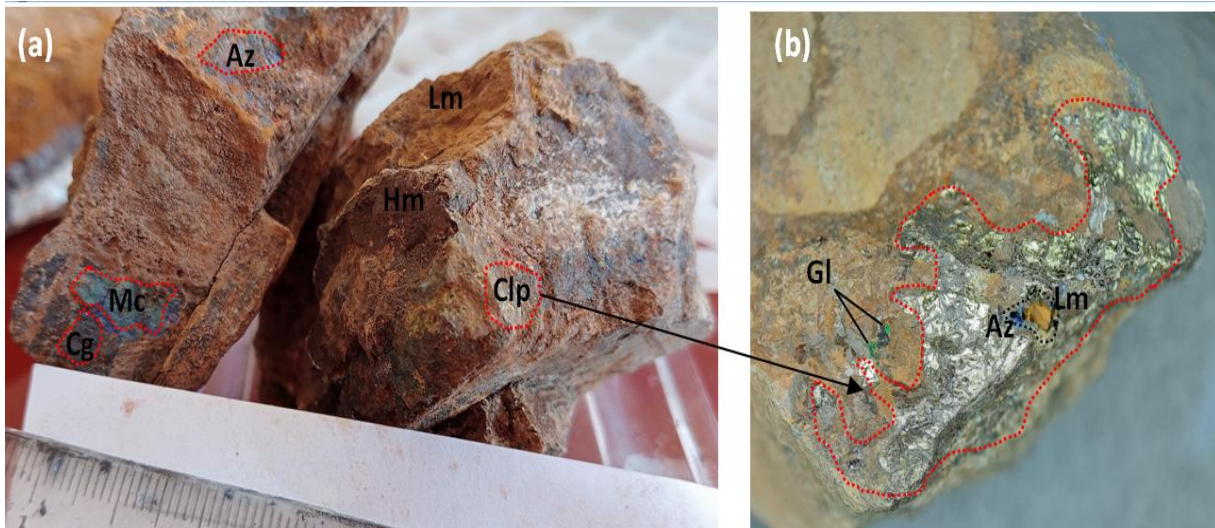
**Fig.31** : Photographie montrant en (a) hématite rouge massive et quelques vacuoles remplies par la goethite mamelonne, (b) association de l'hématite rouge et massive brute concrétionnée avec limonite



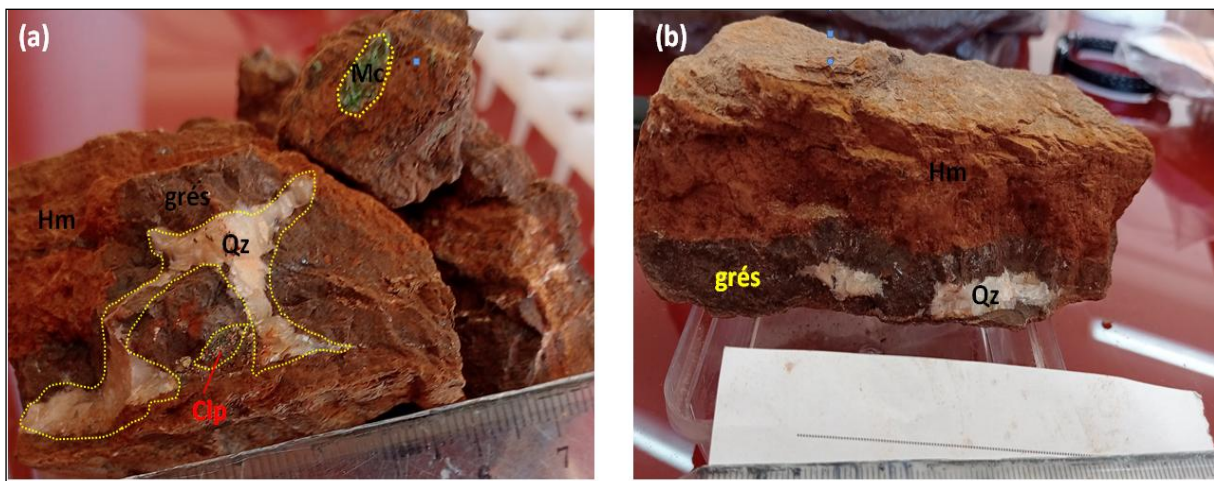
**Fig.32** : Photos montrant l'hématite noire et rouge massive renfermant une plage de chalcopyrite.

#### 4.2. Description macroscopique des échantillons du site B :

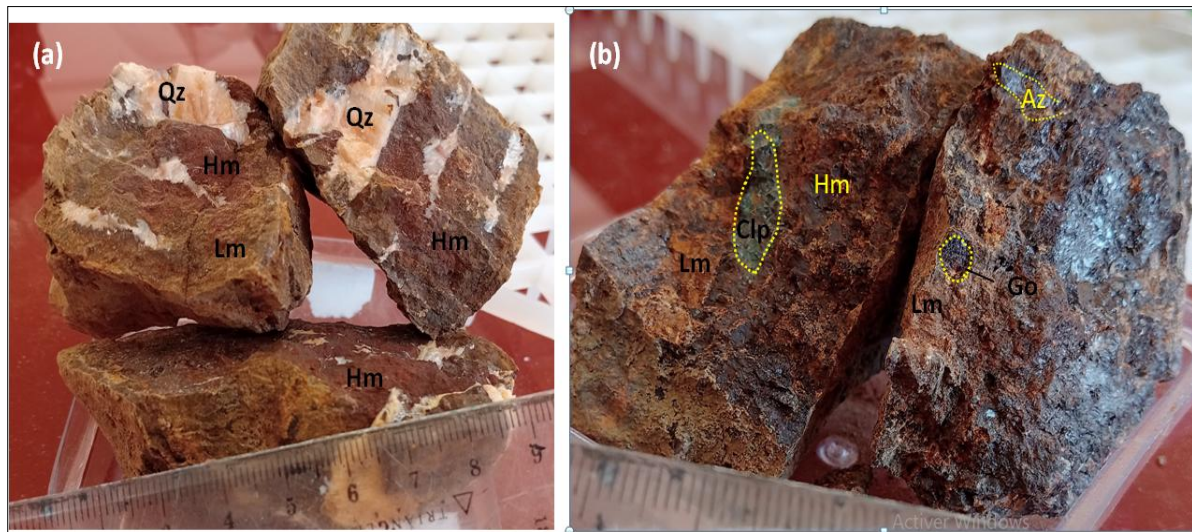
La minéralisation du site B est plus particulièrement dans le contact schiste crétacé – miocène est représentée par une association minéralogique. Les amas minéralisés affleurant permettent de définir deux types d'hématite (Fig.33). Le premier type hématite massive, poudreuse et rouge (Fig.34) et le deuxième type secondaire ou tardif, généralement en association à d'autres minéraux (Fig.35).



**Fig.33** : Photos montrant l'association minéralogique à : (a) hématite, limonite, chalcocite, malachite, azurite et cuivre gris, (b) une plage de chalcocite associée à la limonite, azurite et glaucophane.



**Fig.34** : L'encaissant (grés) remplacé par l'Hématite brute rouge ave veinule remplie par le quartz, (b) limite entre l'encaissant (grés) et l'hématite rouge, (b) remplacement quasi totale de grés par l'hématite brute rouge.



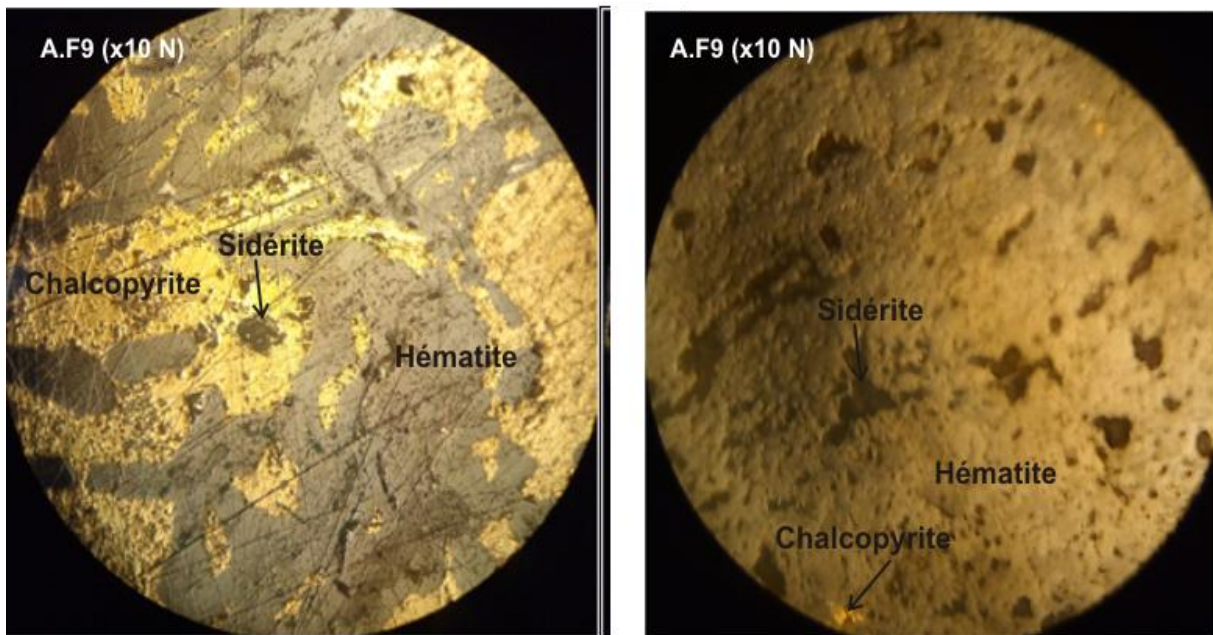
**Fig.35** : Photographie des échantillons de site B, (a) Association minérale en structure rubanée calcite-hématite-limonite, (b) association minéralogique de hématite massive, limonite, goéthite, malachite et Azurite

## 5. Observation microscopique

L'identification de la nature de la minéralisation nécessite la confection des sections polies. En effet, six sections polies des deux sites étudiés ont été effectuées et dont les résultats sont comme suite :

- Le site A (Site de Flita), deux sections polie ont été confectionnées (AF9 et AF14)
- **Sections polies (AF9 et AF14) :**

L'étude microscopique à révéler la présence des principaux minéraux tels que : l'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), la chalcopryrite ( $\text{CuFeS}_2$ ) et la sidérite ( $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ ) (Fig36).

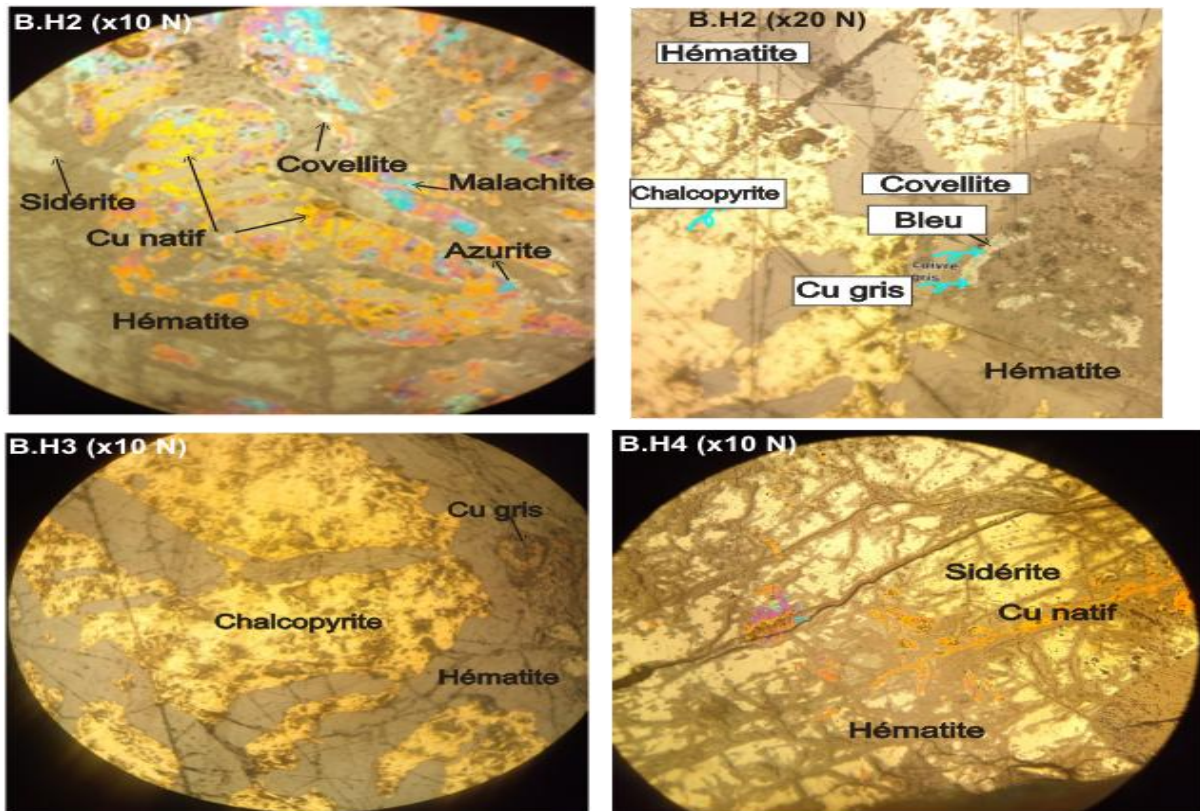


**Fig. 36:** Photographie de la section polie AF9 montrant la minéralisation polymétallique à hématite, sidérite et chalcopyrite grossièrement  $\times 10$ .

-Le site B (site de Bouhalou) : trois sections polies ont été confectionnées à partir des échantillons BH2, BH3 et BH4.

- **Sections polies BH2, BH3 et BH4**

L'étude microscopique de ces trois sections polies a révélé la présence des minéraux tels que : l'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), la chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ), la sidérite ( $\text{FeCO}_3$ ), l'azurite ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ), la malachite  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ , la covellite ( $\text{CuS}$ ), le cuivre gris et le cuivre natif (Fig.37).



**Fig. 37** : Photographie des sections polies montrant la minéralisation polymétallique à hématite, sidérite et chalcopyrite grossièrement  $\times 10$  ( a ), et l'association minéralogique à hématite, chalcopyrite, probablement de la covellite et le cuivre gris grossièrement  $\times 20$ .

- **Diffraction par les Rayon X (DRX)**

En vue d'une caractérisation minéralogique qualitative par diffractométrie des rayons X (DRX), deux échantillons du site A (Flita) ont été analysés au laboratoire d'analyses chimiques du département stratigraphie à Sonatrach-Boumerdès.

Les analyses montrent que l'association minérale de l'échantillon « AF 9 » (Fig.38) est composée principalement des minéraux non métalliques : carbonate type dolomite, ankérite, calcite et quartz. Les minéraux métalliques correspondent aux sidérite et goéthite en faible concentration. Quant à l'échantillon « AF 12 » (fig39), il est composé principalement de calcite, et accessoirement d'argile type kaolinite et illite, de quartz, de dolomite et d'oxyde de fer type goéthite et hématite.

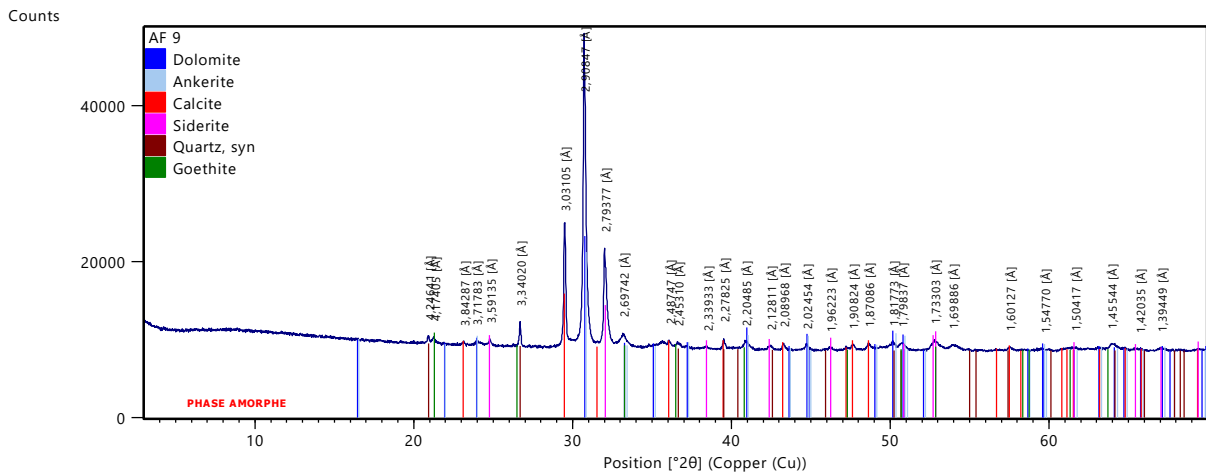


Fig.38 : Diffractogramme de l'échantillon AF 9

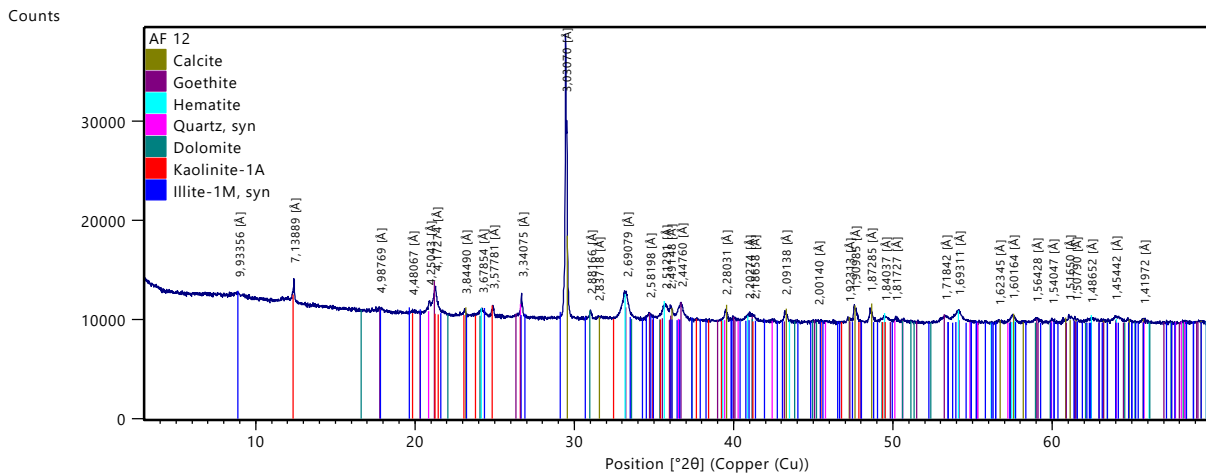


Fig.39 : Diffractogramme de l'échantillon AF12

- **Fluorescence X (FX)**

Les tableaux N°03 et 04 montrent le pourcentage total en oxydes enregistrés dans les deux échantillons : l'échantillon AF9 issu du site A (Flita) et l'échantillon BH3 issu du site B (Bouhalou).

**Tab. 03 :** Pourcentage total en oxydes de l'échantillon AF9 (site de Flita)

Echantillon AF9	% en Oxydes
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	54,42
CaO	21,82
SiO <sub>2</sub>	6,87
MgO	2,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,28
MnO	1,17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,47
K <sub>2</sub> O	0,28
SO <sub>3</sub>	0,14
Na <sub>2</sub> O	0,09
TiO <sub>2</sub>	0,07
CuO	0,03
ZnO	0,02
PbO	0,02

**Tab. 04 :** Pourcentage total en oxydes de l'échantillon BH3 (site de Bouhalou)

Echantillon BH3	% en Oxydes
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	73,53
CaO	9,17
SiO <sub>2</sub>	4,08
MgO	1,37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,91
MnO	1,97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02
K <sub>2</sub> O	0,09
SO <sub>3</sub>	0,18
Na <sub>2</sub> O	0,18
TiO <sub>2</sub>	0,02
CuO	0,21
ZnO	0,31
PbO	0,09

D'après les résultats obtenus on remarque que :

- **Le site A :** d'après le tableau N°03 qui représente le pourcentage total en oxydes de l'échantillon AF9 (site de Flita), on remarque que l'oxyde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est de 54,2 %, l'oxyde CaO est de 21,82%, l'oxyde SiO<sub>2</sub> est de 6,87%, l'oxyde MgO est de 2,93%, l'oxyde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est de 2,28 %, l'oxyde MnO est de 1,17%, l'oxyde P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> est de 0,47 %, l'oxyde K<sub>2</sub>O est de 0,28%, l'oxyde SO<sub>3</sub> est de 0,14 %, l'oxyde Na<sub>2</sub>O est de 0,09 %, l'oxyde TiO<sub>2</sub> est de 0,07 %, l'oxyde CuO est de 0,03%, l'oxyde ZnO est de 0,02% et le dernier oxyde PbO est de 0,02% (Tab.3).

-**Le site B :** d'après le tableau N°04 qui représente le pourcentage total en oxydes de l'échantillon BH3 (site de Bouhalou), on remarque que l'oxyde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est de 73,53% plus que dans le site A, l'oxyde CaO est de 9,17% moins que dans le site A, l'oxyde SiO<sub>2</sub> est de 4,08% moins que dans le site A, l'oxyde MgO est de 1,37% moins que dans le site A, l'oxyde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est de 0,91% moins que dans le site A, l'oxyde MnO est de 1,97% plus que dans le site A,

l'oxyde  $P_2O_5$  est de 0,02% moins que dans le site A, l'oxyde  $K_2O$  est de 0,09% moins que dans le site A, l'oxyde  $SO_3$  est de 0,18 % plus que dans le site A, l'oxyde  $Na_2O$  est de 0,18% plus que dans le site A, l'oxyde  $TiO_2$  est de 0,02% moins que dans le site A, l'oxyde  $CuO$  est de 0,21% plus que dans le site A, l'oxyde  $ZnO$  est de 0,31% plus que dans le site A et le dernier oxyde  $PbO$  est de 0,09% plus que dans le site A.(Tab.4).

## 6. Conclusion

La zone d'étude des massifs de Ténès dont les deux sites de (Flita) et (Bouhalou) font partie, est caractérisée par la présence de la minéralisation polymétallique connue dès les premières années de la colonisation française. Elle a connu des travaux de recherche et d'exploration par des ingénieurs français (Henri Fornel 1843, M.Benfajolot 1852).

Cette minéralisation de type hydrothermale se présente sous forme des filons, des veines et des amas. Les études macroscopiques montrent que les corps minéralisés dans le site A sont généralement représentés par des amas d'oxydes, hydroxydes de fer et de carbonates du fer, par contre, le site B est représenté par des filons métriques à centimétriques encaissés dans la formation de grès quartzitiques à grès et schiste. Les études microscopiques des sections polies ont révélé la présence des principaux minéraux tels que : l'hématite, la sidérite, la chalcopirite et d'autre minéraux accessoires tel que : la malachite, l'azurite, la covérite, le cuivre gris et le cuivre natif.

L'analyse par DRX et DFX montre et confirme l'existence des minéraux mentionnés.

## **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Le nord algérien, particulièrement le nord occidental est caractérisé par une tectonique intense, conséquence de la convergence des plaques africaine et européenne.

Le Dahra oriental ou Dahra algérois dont fait partie la zone d'étude est distingué par l'orogénèse alpine qui a conduit à la formation des minéralisations polymétalliques d'origine essentiellement hydrothermale pour le site de Flita et d'origine chimique pour le site de Bouhalou.

Les massifs de Ténès, localisés au nord de la wilaya de Chlef, faisaient partie à l'époque coloniale française au district de Ténès, appartenant à la province d'Alger qui a été la plus explorée. Cette province renferme des mines à minéralisations polymétalliques, et dont le fer occupe le premier rang. L'extraction de la minéralisation ferrifère et des métaux connexes du district de Ténès remonte à une haute antiquité dont des traces de travaux exécutés par les Romains ont été trouvées dans les environs de Ténès. D'autres travaux de recherche et d'exploration ont été exécutés à l'époque française, depuis 1843. L'exploitation des mines polymétalliques a été mise en fonction depuis 1907, jusqu'à l'indépendance de l'Algérie, aucune nouvelle étude n'a été réalisée dans ce secteur, pour cette raison on s'est intéressé de réaliser une nouvelle exploration sédimentologique et métallogénique pour mieux caractériser les minéralisations polymétalliques des massifs de Ténès dans leur contexte géologique.

L'étude sédimentologique et métallogénique menée dans les deux sites dont le site A (Flita) et site B (Bouhalou) a révélé la présence des corps minéralisés qui se manifestent sous forme d'amas, filons et filonnets. Les observations de terrain ont montré que les corps minéralisés du site A se présentent principalement sous forme d'amas d'oxydes, d'hydroxydes de fer et de carbonates de fer, au sein des formations de dolomies calcaires du Trias-Infralias et des formations calcaires conglomératiques du Lias (Jurassique). En revanche, le site B est caractérisé par des filons, allant de métriques à centimétriques, encastés dans une formation de grès quartzitique et de grès schistosé, au niveau du contact anormal (Cretacé-Miocène). Les études microscopiques des sections polies ont révélé la

## **Conclusion générale**

---

présence des principaux minéraux tels que : l'Hématite, la Sidérite, la Chalcopyrite et d'autre minéraux accessoires tels que : la malachite, l'Azurite, la Covélite, le Cuivre gris et le Cuivre natif. L'analyse par DRX et DFX montre et confirme l'existence des minéraux mentionnés.

Ce travail, ainsi que d'autres travaux précédents confirment que l'Algérie possède un potentiel géologique intéressant, en substances métalliques, qui offrent à l'industrie des ressources considérables et variées.

## Références bibliographiques

- BENABBAS 2006.** Évolution Mio-Plio-Quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie nord orientale: apport de la photogéologie et analyse morpho structurale. Doctorat d'état, Constantine, 245p
- BOUILLIN J.P. (1986).** Le « bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. France, 8(2) 547-558.
- DEPERET, C. (1896)** Note sur les dinosauriens sauropodes et theropodes du Cretace superieur de Madagascar. Bulletin de la Societe Geologique de France, 24, 176-194.
- DELTEIL J. 19874** – Tectonique de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du Tell oriental (Mont de la Mina, Beni Chougrane, Dahra) Thèse Doct. Etat. Univ Nice . 249 p. 110 fig. 10 pl.
- DURAND-DELGA M. (1969).** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, 89-131.
- GÉRY, J. (1981).** Nannocharax maculicauda, a new species of African characoid fish (Characoidea: Distichodontidae) with comments on the genus Hemigrammocharax. Proceedings of the Biological Society of Washington. 94 (4): 1076-1084
- JEAN-LOUIS BLES (1971).** Etude tectonique et microtectonique d'un massif autochtone tellien et de sa couverture de nappes; le Massif de Blida (Algerie du Nord). Bulletin de la Société Géologique de France S7-XIII (5-6): 498–511.
- JEBRAK, M. AND MARCOUX, E. (2008)** Geology of Mineral Resources. Geology of Quebec, 667 p.
- LAFITTE ROBERT.1939.** Structure et relief de l'Aurès (Algérie). In: Bulletin de l'Association de géographes français, N°119, 16e année, février. pp. 34-40.
- M.Flajolot 1852.** Annales des Mines (1852, série 5, volume 1, partie administrative) [Image 50]
- Ministère De l'industrie et des mines d'Algérie 2015**

**MAHDJOUB Y. (1991) :** Un modèle d'évolution de thèse-es-science USTHB. Alger.196P.

**NEURDIN-TRESCARTES J. (1992).** Le remplissage sédimentaire du bassin néogène du Chélif, modèle de référence de bassins intramontagneux. Thèse Doctorat,, Univ, de Pau et des Pays Adour 605p.

**PERRODON A. 1957.** — Etude géologique des bassins néogènes sub-littoraux de l'Algérie occidentale. Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie 12: 1-382.

**RAOULT, J. F. 1969:** Nouvelles donnees sur les flyschs au nord du Kef Sidi Dris et dans la zone du col des Oliviers (nord du Constantinois, Algerie) Bulletin de la Societe Geologique de France S7-Xi(4): 516-522

**SAADALLAH ABDELKADER , 1992.** Le cristallin de la Grande Kabylie (Algérie) : sa place dans la chaîne des Maghrébides

**VILLA J.M. (1980).** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Docteur ès Sciences. Paris VI, 3 vol, 663 p.,. 199 fig., 40 pl., 7 pl

**WILDI W. (1983).** La chaîne tello rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. Rev. Géol. Dyn. géog. Phys., (24), 3, pp 201-297.